



**Facultad de Ingeniería y Computación
Escuela Profesional de Ingeniería Industrial**

**Propuesta de uso de Agua Desalinizada de
Mar para el Procesamiento de Harina y
Aceite de Pescado en la Provincia de Ilo -
Región Moquegua**

Presentado por:

Denitza Lizeth Peña Torreblanca

Para optar el Grado Académico de Bachiller en:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Orientador: Mg. Jeanette Fabiola Díaz Quintanilla

Arequipa, Noviembre del 2017

**PROPUESTA DE USO DE AGUA DESALINIZADA DE MAR
PARA EL PROCESAMIENTO DE HARINA Y ACEITE DE
PESCADO EN LA PROVINCIA DE ILO - REGIÓN MOQUEGUA**

**PROPOSAL FOR USE OF DESALINATED SEAWATER FOR
THE PROCESSING OF FLOUR AND FISH OIL IN THE
PROVINCE OF ILO - MOQUEGUA REGION**

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme concluir una etapa más de mi vida.

A mis padres, Simón y Eva, a mi hermano Saul, por todo su amor, comprensión y apoyo constante durante estos años.

A las personas que me brindaron su apoyo para que pueda elaborar la presente tesina.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por otorgarme la oportunidad de iniciar este proyecto y darme la fortaleza de seguir.

A mi familia y amigos por su apoyo absoluto, más aun por su deseo positivo y constante hacia mi persona.

A mis profesores quienes me guiaron de forma correcta para poder desarrollar esta investigación, en especial a la Ingeniera Pamela Tupayachy Quispe por su valiosa orientación desde el inicio.

Agradezco también el respaldo de la formación brindada por la Universidad Católica San Pablo a lo largo de mis años de estudio.

RESUMEN

En la actualidad se sabe que el agua dulce es el recurso con mayor prioridad y a la vez con menor cantidad en el mundo; su escasez en los últimos años ha logrado perturbar el equilibrio social y ambiental en el mundo. Factores como el cambio climático, el incremento de la población, etc. hacen que el uso de la desalinización de agua de mar constituya una propuesta prometedora a la escasez de esta.

En el Perú se cuentan con cuencas hidrográficas que proveen bastos volúmenes de agua para el país, pero aun así no se logra abastecer a toda la población de igual manera. Tal es el caso de la provincia de Ilo en la Región de Moquegua, el cual es una fuente de abastecimiento agrícola e industrial y donde actualmente el recurso hídrico se encuentra comprometido.

La siguiente investigación sugiere implementar plantas desalinizadoras ya sean para todo tipo de uso en la provincia de Ilo, como por ejemplo para el sector industrial procesador de harina y aceite de pescado. Para ello se analizó los procedimientos de desalinización actuales de agua de mar, existen diversos métodos de desalinización y estos se diferencian por costos, impacto ambiental, calidad del producto y energía consumida. Los métodos de desalinización investigados son la destilación flash multietapa, destilación por múltiple efecto, destilación por comprensión de vapor y ósmosis inversa; se analizó los procedimientos de desalinización actuales de agua de mar, tomando mayor importancia al método de Ósmosis Inversa, por ser el que brinda mayores niveles de recuperación de agua.

Se determinó cuáles son los pros y contras, los beneficios e implicancias sociales como medio ambientales del proyecto y se investigó la factibilidad de su uso en las empresas de la zona. Como resultado se estableció la viabilidad del proyecto en la industria.

Palabras Clave: Desalinización, Método, Agua de mar, Proceso, Sector Industrial, Nivel de conocimiento, Ósmosis Inversa, Industria procesadora de harina y aceite de pescado.

ABSTRACT

It is now known that fresh water is the resource with the highest priority and at the same time with less quantity in the world; its scarcity in recent years has managed to disrupt the social and environmental balance in the world. Factors such as climate change, population growth, etc. make the use of seawater desalination a promising proposal for the shortage of seawater.

In Peru there are watersheds that supply large volumes of water for the country, but even so, it is not possible to supply the entire population in the same way. Such is the case of the province of Ilo in the Region of Moquegua, which is a source of agricultural and industrial supply and where currently the water resource is compromised.

The following research suggests to implement desalination plants for all types of use in the province of Ilo, such as for the industrial sector of flour and fish oil. In order to do this, we analyzed the current desalination processes of sea water, there are several methods of desalination and these are differentiated by costs, environmental impact, product quality and energy consumed. The desalination methods investigated are multi-stage flash distillation, multi-effect distillation, steam distillation and reverse osmosis; the current desalination processes of sea water were analyzed, taking greater importance to the method of Reverse Osmosis, as it provides the highest levels of water recovery.

It was determined the pros and cons, the benefits and social implications as environmental of the project and investigated the feasibility of its use in companies in the area. As a result, the viability of the project was established in the industry.

Key Words: Desalination, Method, Seawater, Process, Industrial Sector, Knowledge Level, Inverse Osmosis, Processing industry of fishmeal and fish oil.

Índice General

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1. Descripción del problema de Investigación.....	12
2. Objetivos de la Investigación	14
2.1 Objetivo General	14
2.2 Objetivos Específicos	15
3. Justificación de la Investigación	15
3.1 Conveniencia	15
3.2 Justificación Teórico.....	15
3.3 Justificación Metodológica	16
3.4 Justificación Práctica	16
4. Delimitación de la Investigación	17
4.1 Temporal	17
4.2 Temática	17
5. Resumen de la estructura capitular de la tesis.....	17
CAPÍTULO II: REFERENCIAL TEÓRICO	19
1. Marco Conceptual	19
1.1. Agua de alimentación de entrada	19
1.2. Desalinización.....	21
1.3. Métodos de desalinización del agua	22
1.3.1. Sistemas Térmicos.....	23
1.3.1.1. Destilación flash multietapa (MSF)	23
1.3.1.2. Destilación múltiple efecto (MED)	24
1.3.1.3. Destilación por comprensión de vapor (CV)	25
1.3.2. Sistema por Membranas.....	26
1.3.2.1. Ósmosis Inversa (OI)	27
1.3.2.2. Electrodialisis (ED).....	27
2. Propuesta	29
2.1. Sistema de Ósmosis Inversa	29
2.1.1. Concepto de Ósmosis Inversa.....	29
2.1.2. Membranas de Ósmosis Inversa	30

2.1.3. Clasificación del agua desalinizada mediante Ósmosis Inversa	32
2.1.3.1. Agua salobre osmotizada.....	32
2.1.3.2. Agua salobre osmotizada.....	32
2.1.3.3. Agua de mar desalinizada por OI y remineralizada	33
2.1.3.4. Agua salobre desalinizada por OI	33
2.1.4. Proceso de una planta desalinizadora mediante Ósmosis Inversa	33
2.1.5. Balance de masa de Ósmosis Inversa	36
2.1.6. Energía requerida.....	37
2.2. Costos de desalinización de agua de mar.....	38
2.3. Localización de la planta desalinizadora	41
2.4. Impacto Social	43
2.5. Impacto Medioambiental	44
2.6. Industria Procesadora en Moquegua	48
2.6.1. Proceso de Elaboración de Harina y Aceite de Pescado	51
2.6.2. Balance de Materia de Elaboración de Harina y Aceite de Pescado	53
2.6.3. Producción de Harina y Aceite de Pescado	54
2.7. Empresa Austral Gruop S.A.A.	57
2.8. Beneficios de la desalinización	59
3. Proposición de la Investigación.....	60
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	61
1. Modelo conceptual.....	61
2. Descripción del objeto de estudio	61
3. Unidad de Análisis	61
4. Descripción del tipo de investigación	61
5. Método de investigación.....	62
6. Instrumentos de investigación.....	62
7. Recolección de datos	63
8. Análisis de datos	63
9. Resumen de la operacionalización de las variables del modelo conceptual.....	64
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	66
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
APÉNDICES	75

Índice de Tablas

Tabla 1: Espectro de Salinidades.....	20
Tabla 2: Componentes del agua de mar	20
Tabla 3: Ordenación de los métodos de desalinización según la separación que realiza y el tipo de energía.....	22
Tabla 4: Comparación entre los procesos predominantes de desalinización de agua de mar ...	38
Tabla 5: Costos de instalación, operación y mantenimiento según el método de desalinización de agua de mar.....	39
Tabla 6: Estructura de los costos de los diversos procesos de desalinización de agua de mar ..	40
Tabla 7: Presupuesto tentativo para una planta desalinizadora de agua de mar por Ósmosis Inversa	40
Tabla 8: Reporte de dosis de concentraciones de aditivos químicos en el pretratamiento de desalinización de Ósmosis Inversa	45
Tabla 9: Matriz de impacto ambiental para la planta desalinizadora de agua de mar	46
Tabla 10: Industrias procesadoras de harina y aceite de pescado de la Provincia de Ilo	50
Tabla 11: Producción de Harina de Pescado	54
Tabla 12: Producción de Aceite de Pescado	55
Tabla 13: Producción de Harina y Aceite Crudo de Pescado	56
Tabla 14: Matriz de Consistencia	64

Índice de Figuras

Figura 1: Esquema general de un proceso de desalinización.....	21
Figura 2: Esquema de un proceso MSF	24
Figura 3: Esquema de un proceso MED	25
Figura 4: Esquema de un proceso de compresión de vapor	26
Figura 5: Esquema de un proceso OI.....	27
Figura 6: Esquema de un proceso de ED	28
Figura 7: Proceso de Ósmosis Inversa	29
Figura 8: Diagrama de Flujo General de Ósmosis Inversa.....	34
Figura 9: Diagrama de Flujo detallado de Ósmosis Inversa	35
Figura 10: Balance de Masa de Ósmosis Inversa	36
Figura 11: Distancia y Ubicación geográfica de la provincia de Ilo	41
Figura 12: Croquis de una Planta Desalinizadora de agua de mar.....	42
Figura 13: Diagrama de Flujo de la elaboración de harina y aceite de pescado.....	52
Figura 14: Balance de Materia	53

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El agua ha sido, es y seguirá siendo uno de los recursos naturales más importantes para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad, su conservación dependerá de la gestión que le damos. La importante reserva de agua se sabe que se encuentra en los océanos, pero se trata de agua salada, que sólo permite la vida de la flora y fauna marina. El Perú cuenta con recursos hídricos a pesar de esto tiene problemas de escasez, la Organización Internacional del Agua dice que para el año 2025 aproximadamente el Perú será uno de los países más afectados por dicho recurso.

Hoy en día en muchos países se obtiene este recurso mediante la desalinización del agua de mar para proveer agua limpia para muchas comunidades en el mundo, lo mismo se requiere para el Perú ya que es un proceso económico y confiable. Es por ello que pretende investigar, analizar cuál será el método adecuado para este proceso, siendo algunas veces difícil de reconocer la mejor manera, haciendo uso de tecnología eficiente.

La desalinización de agua de mar a dado esperanzas a distintas poblaciones e industrias ya que este recurso se iba agotando lentamente. La desalinización del agua de mar es un proceso mediante el cual la sal se elimina del agua salobre, este proceso tiene sus inicios aproximadamente desde el siglo XX.

Formular una propuesta del uso de la desalinización de agua de mar para el procesamiento de harina y aceite de pescado representaría una oportunidad de autoabastecimiento y crecimiento sostenible para el sector. Sobre esta metodología se analizará si responde a las ventajas de obtener agua limpia con un menor costo, la sostenibilidad de este procedimiento en el tiempo, el ahorro de energía producido y sobre todo, la calidad de agua que se podría brindar a este sector.

1. Descripción del problema de Investigación

Iniciando de la problemática que implica el incremento significativo de la demanda de agua potable en los últimos años y su próxima escasez debido a las reservas limitadas de agua dulce. Se sabe que el 98% de agua se encuentra en los océanos los cuales son una verdadera e inagotable reserva de agua, la cual puede ser aprovechada mediante diversos procesos para obtener agua desalinizada (Ramillo, 2003).

Las pérdidas económicas irán aumentando siendo los sectores industriales y agrícolas los más afectados, diversos países están adaptando métodos de desalinización de agua de mar como principal fuente de abastecimiento. Actualmente el 70% del agua total en el mundo se utiliza para producir alimentos y fibra.

Los sistemas de recolección de agua de lluvia se han utilizado en algunas regiones de los países de América Latina y el Caribe durante más de tres siglos y todavía representan la principal fuente de agua para uso doméstico.

La ONU afirma que para el año 2030 el mundo tendrá que enfrentarse a un déficit mundial del 40% de agua en un escenario climático en que todo siga igual; por lo que sostiene que las grandes ciudades europeas pierden hasta el 80% del agua debido a fugas en sus tuberías.

En España una de las plantas que trabaja con la desalinización de agua de mar produce entre 18 y 24 millones de m³/año, abasteciendo aproximadamente a una población de 2.2 millones habitantes desde el año 2005. En la actualidad España es un país con más de 150 plantas que operan de esta forma. Martínez & Martin, (2014) afirma: “que el 22,4% de la producción de estas plantas se destina a la agricultura y la industria de alimentos”.

En el 2008 funciono la primera planta desalinizadora en el Perú en el yacimiento de Cerro Lindo donde solo el 2% es potabilizable y el restante es para la extracción de minerales. Esto se lleva a cabo en las alturas de la provincia de Chincha, donde el agua de la playa Jahuay pasa por el proceso de desalinización mediante Ósmosis Inversa y termina abastecimiento a más de dos mil trabajadores mineros que consumen el agua día a día. Tiene una producción

aproximadamente de 1555,2 m³/día, la cual es menor en comparación a otras plantas descritas anteriormente (Pomareda, 2008).

No solo existe este problema hídrico en la Región de Moquegua, sino también lo sufren diferentes provincias como la de Caravelí en Arequipa que fue declarada en emergencia por escasez de agua.

En la ciudad de Arequipa, el proyecto aún no terminado de Tía María propone la realización de una planta desalinizadora de agua de mar en la playa de Mejía para la extracción del mineral, requiriendo 846 m³/hora donde plantea que el 40% sea utilizado para este proyecto y el resto sea devuelto al mar en forma de salmuera, lo cual no generaría impactos ambientales.

Aún el proyecto sigue siendo evaluado por el Gobierno del Perú, de ser aprobado podrá generar un aumento de la disponibilidad hídrica de la región creando las nuevas represas de Paltuture y Ichuña, y mejorando la calidad del agua de los pobladores (PCM, 2015).

La realidad en fuera de la capital es aún más dramática, debido a que el déficit hídrico obliga a las personas a recurrir a fuentes de agua no aptas para el consumo humano. Por ejemplo, en la provincia de Utcubamba (Región Amazonas), 27 mil de los 59 mil habitantes que viven en la ciudad solo cuentan con agua potable dos horas cada semana. El resto de personas, que vive en las localidades de Conchillo alto, Conchillo Bajo, La Esperanza, Pueblo Viejo, La Esperanza Baja, San Luis, Los Libertadores y La Unión, toma el líquido del río Utcubamba, donde se vierten las aguas residuales de Bagua Grande, lo cual provoca enfermedades. El gerente municipal Miguel Gronert afirma que desde hace nueve años el Gobierno Regional de Amazonas ejecuta el proyecto AltaVista, que consiste en la construcción de plantas de tratamiento de aguas, pero el trabajo va lento y los plazos no se están cumpliendo.

Problemas como estos ocurren en todo el Perú y hace del agua un bien cada vez más escaso. Inkahuasi es un distrito de la región Cusco que tiene un año de creación política y se sitúa en el límite entre Ayacucho y Apurímac. Debido a su distancia de la capital, sus problemas son invisibles para el Estado. En esta

jurisdicción de 6 mil habitantes, la mitad consume agua de manantiales a través de conexiones informales y la otra toma agua de acequia, lo que genera problemas y enfermedades. Esta población, abatida en la década del ochenta por la subversión, ha sido olvidada no solo en el tema de inversión, sino también en el tema del agua (Joaquín Masías, 2016).

Divisar el escenario actual mundial demuestra que las medidas para un auto abastecimiento del agua y crecimiento sostenible es una necesidad a corto plazo, se debe considerar que en la provincia de Ilo se desarrollan actividades mineras, agrícolas e industriales.

Cabe mencionar que Southern Perú Cooper Corporation comprende en su nueva Fundación, un nuevo sistema de admisión de agua de mar; consta de dos plantas de desalinización para suministrar agua al proceso; una subestación eléctrica y un moderno sistema de control centralizado, implementado con la tecnología de información más avanzada. La construcción y montaje de este moderno complejo metalúrgico ubicado a 17 kilómetros al norte del puerto de Ilo es parte principal del PAMA de Southern Perú.

Al corto plazo el escenario mundial podría asemejarse al estimado previamente por la Organización de las Naciones Unidas para el 2030, por lo cual la presente investigación busca formular propuestas alternas de generación de recursos hídricos para responder a las necesidades básicas del hombre.

Esta propuesta se enfoca principalmente en encontrar el mejor método para el proceso de desalinización de agua de mar, teniendo en cuenta los recursos y sobre todo los diversos sectores a los cuales ayudara próximamente.

2. Objetivos de la Investigación

2.1 Objetivo General

La investigación propone formular la propuesta de uso de agua desalinizada de mar para el procesamiento de harina y aceite de pescado en la provincia de Ilo – Región Moquegua.

2.2 Objetivos Específicos

- Definir el procedimiento óptimo de desalinización para el procesamiento de harina y aceite de pescado.
- Determinar el volumen de producción de agua desalinizada necesaria para el proceso operativo.
- Proyectar los costos y beneficios del uso de agua desalinizada en la industria procesadora de harina y aceite de pescado.
- Identificar los procesos operativos de la industria procesadora de harina y aceite de pescado en los que se utilizara el agua desalinizada.
- Justificar la viabilidad del uso de agua desalinizada en la industria procesadora harina y aceite de pescado en la provincia de Ilo.
- Identificar los impactos y las externalidades ambientales asociados al proyecto y plantear alternativas de gestión que minimicen/mitiguen impactos en el ambiente.

3. Justificación de la Investigación

3.1 Conveniencia

Se aplicarán métodos de la Ingeniería Industrial que nos brindarán las herramientas para la planeación, ejecución, seguimiento y optimización del proceso, apoyando en la realización de las actividades, del mismo modo la evaluación de la mejor manera de realizar el proceso. Gracias a las herramientas de la Ingeniería Industrial, se abarcará todo el proceso.

3.2 Justificación Teórico

La investigación presente, aporta conocimientos, tanto al sector industrial, sector minero, sector agrícola hasta al sector comercio, ya que informa sobre el correcto proceso de producción, la desalinización de agua mediante Ósmosis Inversa. La Ósmosis Inversa es un procedimiento con creciente demanda, el cual se viene aplicando en países con escasos recursos hídricos.

Se brindará los alcances necesarios para una correcta trazabilidad a lo largo de todo el proceso, lo cual hace posible su implementación, realizando un análisis exhaustivo de experiencias previas y evaluando su viabilidad en la provincia de Ilo.

Las necesidades de agua dulce han crecido últimamente, tanto los altos índices de natalidad, como de producción por parte de las diversas empresas como las procesadoras de harina y aceite de pescado marcan la necesidad de un nuevo plan del agua para la Región Moquegua. Es por ello que se optó realizar una planta desalinizadora de agua de mar en dicha región. Obtener agua dulce del mar, es para las empresas procesadoras de harina y aceite de pescado la mayor esperanza tecnológica de que se resuelva las crisis hídricas que se viene avecinando. Gracias a la aplicación de la desalinización se podrá resolver estos problemas.

3.3 Justificación Metodológica

Dada la naturaleza del tema, se trata de una investigación cualitativa, y el método empleado es el descriptivo. Este método, se encarga de describir los hechos reales, mostrando sus características, con este se podrá recolectar la información para su posterior análisis, y luego mostrar las conclusiones y resultados.

El tema investigado, es un suceso que ocurre pero se pretende mostrar la mejor manera de realizarlo para mostrar el mejor método de elaboración.

3.4 Justificación Práctica

Se describen las actividades y procesos involucrados, así como determinar si el agua desalinizada va satisfacer la eficiencia los procedimientos de las diversas plantas procesadoras ya sean para la conservación del agua pura después de la desalinización de agua de mar, los tratamientos que sean necesarios, así mismo se verificara la reducción de costos, entre otros.

4. Delimitación de la Investigación

4.1 Temporal

El alcance temporal de la investigación estará delimitado al periodo actual del semestre académico, de marzo a agosto del 2017 con una duración total de 22 semanas, en las cuales se recogerá y analizara información primaria y secundaria para lograr el objetivo de estudio.

4.2 Temática

Se abarcan todas las actividades desde la elección del método para la desalinización de agua de mar, la tecnología necesaria, asegurando la trazabilidad. Se trata de un tema de interés de la Ingeniería Industrial, especialmente de procesos.

5. Resumen de la estructura capitular de la tesis

La presente se estructura de la siguiente manera:

En el capítulo I - En este capítulo se desarrollara la situación actual de escasez de agua en el mundo, con el objetivo de establecer la importancia de procedimientos alternos de abastecimiento de este recurso, como la desalinización de agua de mar. Se analizara casos de éxito del procedimiento, así mismo se fijara la justificación de la investigación, desarrollando el beneficio social, teórica, metodológica y practica del uso de agua desalinizada para el procesamiento de harina y aceite de pescado de la provincia de Ilo – Región de Moquegua.

En el capítulo II - En este capítulo se desarrollara un listado de conceptos referentes al procedimiento de la desalinización de agua de mar. La estructura se subdivida en las características necesarias del recurso hídrico para el abastecimiento industrial y humano, se detallara las metodologías actuales de desalinización que se usan alrededor del mundo para establecer la más apropiada para la investigación, así como sus costos y beneficios del

procedimiento para las empresas. Por último dentro del marco teórico conceptual se expondrá las limitaciones tanto sociales, medio ambientales y legales para el uso de agua de mar desalinizada. Se englobará el problema de la investigación mediante la proposición de la investigación, que hará referencia a como el problema de escasez de agua en la provincia de Ilo puede ser solucionado con el procedimiento de desalinización de agua mediante la Ósmosis Inversa.

En el capítulo III - En este capítulo se fijan las acciones a realizar para atender el problema de la investigación formulado y alcanzar los objetivos previamente sugeridos. Se determinará el método, el cual se basará en análisis de estudios de casos de éxito en el mundo, tanto para el consumo humano de agua desalinizada como para la industria. Además se recopilará los datos mediante entrevistas a profesionales expertos en el tema, empresarios que detallen sus puntos de opinión respecto a la factibilidad del uso de agua de mar desalinizada para los diferentes procesos dentro del sector industrial. Se detallará como se consiguieron las entrevistas, como se tuvo acceso a las empresas, que tipo de encuesta se utilizara y cómo surgió el interés por el procedimiento de desalinización de agua de mar.

En el capítulo IV - En este capítulo se recopilará los datos obtenidos previamente, tanto datos primarios de entrevistas a profesionales como datos secundarios teóricos recolectados anteriormente, para determinar la viabilidad en términos de energía, social, económico-financiera y de aspectos medio ambientales.

En el capítulo V - En este capítulo responderá los objetivos previamente mencionados en la investigación, proposición de la investigación planteados, así como recomendaciones para futuras investigaciones.

CAPÍTULO II: REFERENCIAL TEÓRICO

1. Marco Conceptual

La desalinización de agua de mar establece un método el cual da gran oportunidad a diversos sectores y poblaciones que veían como su recursos hídricos se va agotando, restringido por su desarrollo e incluso su supervivencia (Medina San Juan, 2000).

Se pretende definir las particularidades, características y parámetros al momento de la desalinización de agua de mar, de tal manera se identificara los diferentes métodos para la desalinización actualmente, se enfatizara el método de ósmosis inversa ya que se considera que es la óptima.

1.1. Agua de alimentación de entrada

Las instalaciones desalinizadoras requieren de un suministro fiable de agua de alimentación, la cual varía dependiendo de la cantidad y calidad requerida, además de las características específicas del sitio. En este caso en específico se dará mayor relevancia al agua proveniente del mar.

El agua de mar se caracteriza por cuatro principales parámetros desde el punto de vista químico:

- Conductividad eléctrica o salinidad.
- Concentración.
- pH.
- Anhídrido carbónico libre.

La conductividad o salinidad, es el más general de estos parámetros, pues en lo que a desalación respecta, es muy importante para decidir el proceso más adecuado a utilizar. Los otros tres parámetros permiten configurar de manera más específica el proceso, en el diseño y la operación (Sánchez, 2010).

La salinidad del agua se refiere a la cantidad de sales disueltas en la misma, se expresa como residuo seco a 105°C o TDS1 midiéndose en [ppm] o [mg/l], esta cantidad de sales permite su clasificación.

Tabla 1: Espectro de Salinidades

ESPECTRO DE SALINIDAD	(ppm)
Agua ultrapura	0,03
Agua pura de calderas	0,3
Agua desionizada	3
Agua industrial	30
Agua potable	300
Agua salobre	3,000
Agua de mar	30,000
Salmuera	300,000

Fuente: Sánchez, 2012

Las concentraciones típicas de agua de mar en todo el mundo están entre 35,300 y 36,100 mg/L. La mayoría de agua se encuentran en este rango, sin embargo aguas costeras pueden tener cifras significativamente menores de concentración, sobre todo cerca de los ríos. Así mismo el total de sólidos disueltos en el agua de mar puede variar a lo largo del mundo. En la siguiente tabla se observa los componentes que constituyen la composición del agua de mar.

Tabla 2: Componentes del agua de mar

COMPONENTES DEL AGUA DE MAR		
Componentes	g/Kg	mg/l
Cloruro	18.9799	19441.1
Sulfato	2.6486	2713
Bromuro	0.0646	66.2
Bicarbonato	0.1397	143.1
Floruro	0.0013	1.3
Sodio	10.5561	10812.6
Magnesio	1.272	1302.9
Clacio	0.4001	409.8
Potasio	0.38	389.2
Silicio	0.00201	2.1
Estroncio	0.0133	13.6
Ácido Borasico	0.026	26.6
Otros	0.00135	1.4
Total de sólidos disueltos	34.48496	35322.9
Agua	965.51504	
Total	1000	1024.3
Salinidad	34.325	
Gravedad específica a 20°C	1.0243	

Fuente: Murray, 2003

1.2. Desalinización

La desalinización es el proceso de eliminar sal del agua, para dicha desalinización se puede usar como materia prima el agua de mar o agua salobres (López y Mejías, 2000). El agua salobre es aquella agua que es más salina que el agua dulce, esta puede ser el resultado de la mezcla de agua dulce con agua de mar que se encuentran en las superficiales en el caso de los estuarios de ecosistemas acuáticos, o puede ocurrir también en el subsuelo, en acuíferos fósiles salobres.

El Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos en el 2008 informó que el proceso de desalinización representa la etapa en la cual se disuelven o se eliminan solutos sustanciales del agua para obtener agua con características deseadas.

El proceso de desalinización del agua de mar consiste en separar el agua con alto contenido de sales en dos flujos diferentes; un flujo con baja concentración de sales disueltas llamado permeado y otro contenido con el resto de las sales disueltas denominadas salmuera de concentración. Es necesario el contribuir energía ya sea mecánica, térmica, química o eléctrica.

Figura 1: Esquema general de un proceso de desalinización



Fuente: Cabero, 2014

Existen métodos que son poco usados ya sea por cuestiones económicas, otros por ser menos eficientes y porque son obsoletos actualmente; sin embargo hay métodos eficientes e innovadores que cuentan con pocas plantas ya que son recientes (Martínez, 2003).

Semiat (2000) afirma: “La mayoría de las plantas instaladas en el mundo usan la ósmosis inversa” (p.54). No obstante se cuenta con diversos métodos que permiten la obtención de agua dulce.

Se mostrará los principales procesos que existen de desalinización, así mismo el tipo de energía que se utiliza.

Tabla 3: Ordenación de los métodos de desalinización según la separación que realiza y el tipo de energía

SEPARACIÓN	ENERGÍA	PROCESO	MÉTODO
Agua de sales	Térmica	Evaporación	Destilación súbita (Flash)
			Destilación multiefecto
			Termocompresión de vapor
			Destilación solar
	Mecánica	Cristalización	Congelación
			Formación de hidratos
		Filtración y evaporación	Destilación con membranas
Sales de agua	Eléctrica	Evaporación	Compresión mecánica vapor
			Osmosis inversa
	Química	Filtración selectiva	Electrodiálisis
		Intercambio	Intercambio iónico

Fuente: Veza (2002)

Tsur (2001) afirma:

La desalinización es una industria de futuro en cuanto a la construcción de nuevas plantas, ya que las mejores que se han producido en la eficiencia de este método de obtención de recursos hídricos hacen que sea cada vez más empleado y permiten prever un constante aumento del número de plantas en el mundo. No obstante, es difícil que los costos disminuyan más, ya que se trata de una tecnología madura. (p.105)

1.3. Métodos de desalinización del agua

En la actualidad se emplean diversos métodos para la desalinización de agua de mar la cual adecua y elimina las sales al agua y se obtiene un producto y un rechazo o salmuera.

Estos métodos se dividen en dos categorías, uno son los sistemas térmicos y los otros son los sistemas de membranas.

Los principales sistemas térmicos son: la destilación flash multietapa, la destilación múltiple efecto y la destilación por compresión de vapor.

El sistema de membrana utilizada para el tratamiento de agua de mar es la ósmosis inversa y la electrodialisis. A continuación se ofrecerá información de cada método de desalinización con el objeto de poner énfasis en el sistema de membrana con el método de ósmosis inversa.

1.3.1. Sistemas Térmicos

Los procesos de destilación necesitan calor para provocar el cambio de estado líquido a vapor, es independiente de la salinidad que tiene el agua y es el proceso en el que se calienta el agua de mar hasta que se evapora, después de que el vapor se condensa forma agua dulce y descartada agua desechada que es la salmuera (Porta, 2002).

1.3.1.1. Destilación flash multietapa (MSF)

Este proceso térmico conocido por su abreviatura MSF consiste en realizar la desalinización calentando agua de mar en un recipiente a baja presión en el que ocurre la evaporación precipitada. El procedimiento está basado en una reducción de la presión de agua de mar por debajo de la presión de saturación a esa temperatura con lo cual se realiza dicha evaporación para obtener el producto.

Khawaji (2008) menciona que “el calor latente liberado en la condensación del vapor es utilizado para calentar la salmuera en otra etapa”.

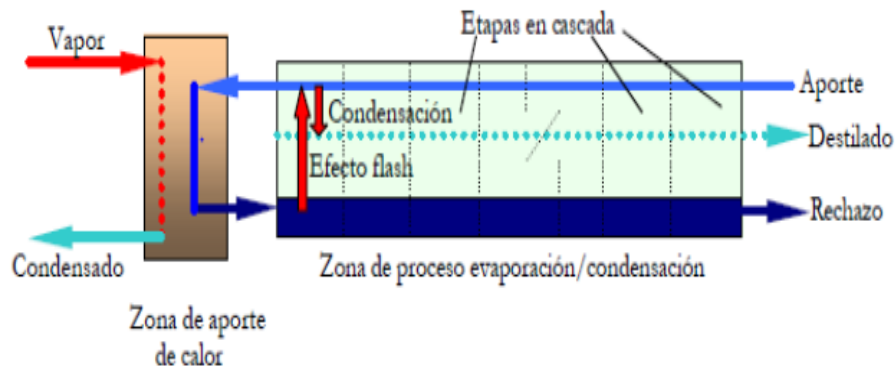
Las plantas MSF se caracterizan por requerir altos volúmenes y flujos de agua disponible para tratar problemas de corrosión y mineralización en la planta, y altas tasas de uso de químicos en el tratamiento de agua (Valero, 2001). A diferencia del MED la eficiencia energética es óptima lo cual lo convirtió en un sistema estándar para la industria.

El proceso está compuesto por lo siguiente:

- Zona de aporte de calor (calentador principal)

- Zona de evaporación – condensación (diferentes etapas)

Figura 2: Esquema de un proceso MSF



Fuente: Raluy & Serra (2006)

1.3.1.2. Destilación múltiple efecto (MED)

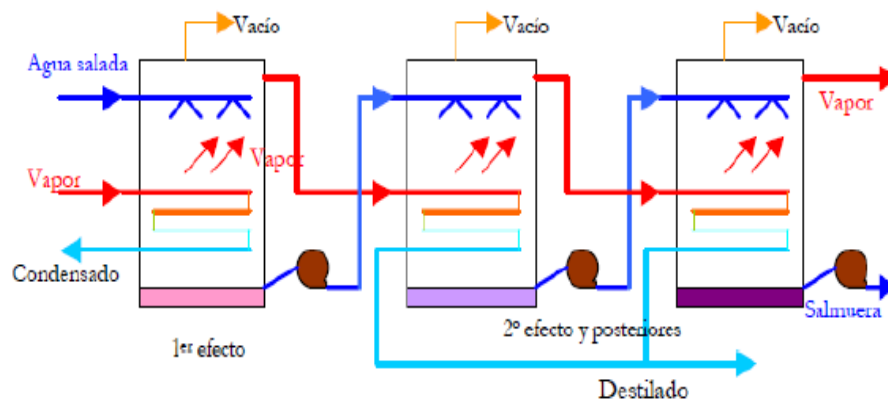
La destilación de múltiple efecto utiliza el mismo principio que el proceso MSF. La desigualdad entre el proceso MED y el MSF radica en la forma en que se ejecuta la evaporación.

Al-Shammiri & Safar (1999) afirman que el procedimiento MED es el más antiguo utilizado en la industria, se ha comercializado con distintas disposiciones (tubos horizontales, tubos verticales, tubos sumergido) hasta 1960, cuando el proceso MFS empezó a dominar el mercado.

La entrada de energía al proceso se lleva a cabo en el primer evaporador a través del vapor procedente de una caldera. El proceso está compuesto por lo siguiente:

- Intercambiador de calor
- Compresor de vapor
- Cámaras de evaporación – condensación (efectos)
- Bombas de recirculación de salmuera

Figura 3: Esquema de un proceso MED



Fuente: Raluy & Serra (2006)

1.3.1.3. Destilación por compresión de vapor (CV)

Las plantas desaladoras con procesos de compresión de vapor se basa en operaciones con presión reducida para lograr la evaporación. En la destilación por compresión de vapor, el calor necesario para llevar el agua de mar a ebullición se obtiene directamente del vapor que es removido del evaporador y reinyectado en la primera etapa luego de ser comprimido para elevar su temperatura de saturación. El calor de evaporación es suministrado por la compresión de vapor ya sea por compresión mecánica (CVM) o por un termocompresor (CVT). Los sistemas CVM funcionan comprimiendo vapor de agua lo que causa condensación sobre una superficie de transferencia de calor lo que permite al calor de la condensación ser transferido a la salmuera del otro lado de la superficie resultando en vaporización de ésta (Cipollina, 2007). El compresor es el requerimiento de energía principal, ya que aumenta la presión del lado del agua salada para bajar su temperatura de ebullición.

Los sistemas CVT son similares al sistema CVM, dado que el eyector de vapor es menos eficiente que un compresor centrífugo, la CVT siempre se construyen con muchos efectos para lograr mayor eficacia, las variaciones operacionales son la evaporación a alta temperatura o a temperatura baja.

- Intercambiador de calor
- Compresor de vapor
- Cámara de evaporación – condensación
- Bomba de recirculación de salmuera

Diagrama de un sistema de destilación por inyección de vapor. El compresor genera vapor comprimido que se inyecta en el difuminador. El agua salada entra en la base de la columna y el destilado sale de la parte superior.

Este sistema es popular para la desalinización de mediana escala, debido a la simpleza de operación en comparación con MSF. Para este sistema el compresor que produce la compresión de vapor esta accionado por motores diésel o motores eléctricos. (Thomson, 2008).

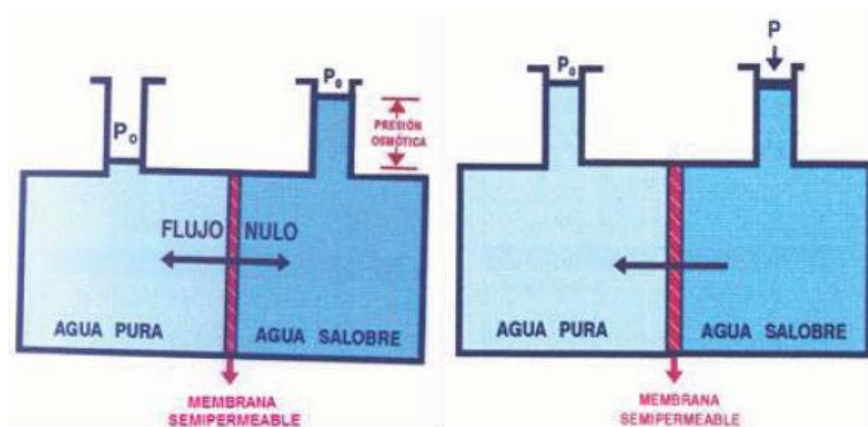
La desalinización del agua de mar por medio de membranas es un proceso que separa el agua salina en dos corrientes, una corriente de agua potable con baja concentración de sales disueltas y una corriente de salmuera concentrada (Hiriart, 2007).

1.3.2.1. Ósmosis Inversa (OI)

La ósmosis inversa (OI) es una técnica de desmineralización basada en membranas y utilizada para separar sólidos disueltos, tales como iones de una solución. Estas membranas actúan como barreras permeables selectivas que permiten que algunas sustancias tales como el agua permee a través de ellas mientras retiene otras sustancias disueltas tales como iones. En estas existe una circulación natural de la solución menos concentrada para igualar las concentraciones finales, con lo que la diferencia de altura obtenida se traduce en una diferencia de presión, denominada osmótica (Arreguín, 2000).

Cuando se aplica una presión externa que es mayor que la presión osmótica de una solución a otra, se puede invertir el proceso haciendo circular el agua de la solución más concentrada y purificando la zona con menor concentración, obteniendo finalmente agua de pureza aceptable.

Figura 5: Esquema de un proceso OI



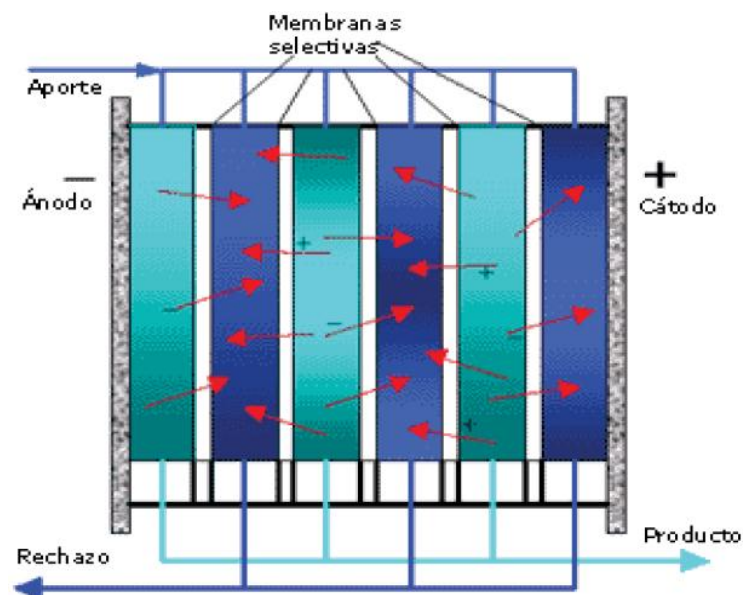
Fuente: Miller, 2008

1.3.2.2. Electrodialisis (ED)

La electrodialisis es un proceso de separación electroquímico, donde los iones son transferidos a través de membranas de intercambio iónico por medio de un campo de corrientes continuas (Belfort & Mani, 1991).

Este procedimiento de desalinización se basa en el uso de dos tipos de membranas selectivas, consistentes en pasar una corriente eléctrica a través del agua salada entre dos electrodos. Una membrana permite que los aniones sean atraídos hacia ellas y la otra membrana hace que se conduzcan los cationes hacia ella todo esto sucede al aplicar la corriente eléctrica, de manera que la zona central entre ambas membranas quedará el agua dulce.

Figura 6: Esquema de un proceso de ED



Fuente: Castillo, 1997

Las plantas de electrodiálisis requieren un cuidadoso pretratamiento de agua de entrada, a fin de no dañar irreversiblemente las membranas. Este método es ampliamente utilizado hoy en día para agua salobre. El consumo de energía depende de gran medida de la concentración del agua de alimentación. Es raramente usada para la desalinización de agua de mar.

2. Propuesta

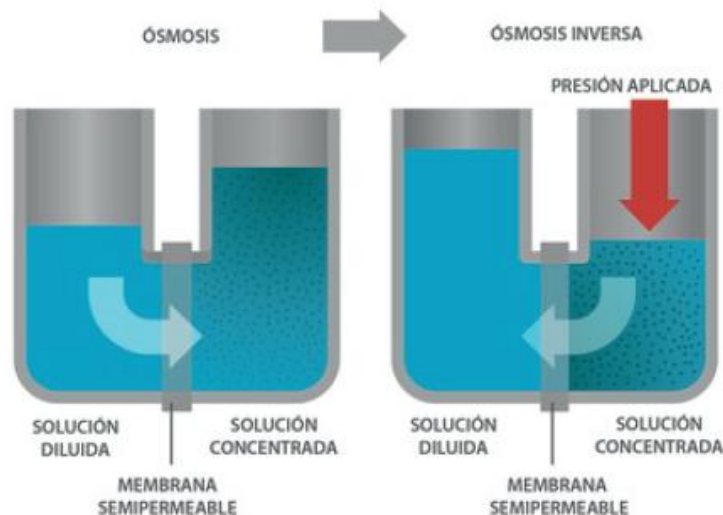
2.1. Sistema de Ósmosis Inversa

2.1.1. Concepto de Ósmosis Inversa

Antes de describir el funcionamiento de un proceso de Ósmosis Inversa es necesario saber que la Ósmosis es un procedimiento natural que ocurre en los tejidos de los animales y de las plantas, se puede decir que cuando dos soluciones con diferentes concentraciones se unen a través de una membrana que permite el paso del solvente pero no del soluto, existe una circulación del solvente a través de dicha membrana. La diferencia de altura obtenida se traduce en una diferencia de presión que es la presión osmótica.

La ósmosis inversa es un proceso en el que el origen del agua es una solución con una concentración de sales muy alta y se intenta clasificar el agua de las sales. Esto se conseguirá aplicando una presión superior a la diferencia de presiones osmóticas de ambas soluciones.

Figura 7: Proceso de Ósmosis Inversa



Fuente: Raluy & Serra (2006)

Si se coloca una membrana semipermeable entre las dos soluciones con diferente concentración, de manera que dicha membrana permita el paso de agua pero no permita el paso de sales, lo que ocurrirá será que el agua

se difundirá de la solución menos concentrada a la más concentrada, pero no ocurrirá la difusión de las sales de la zona derecha a la zona izquierda debido a dicha membrana. Esto provocará que el nivel de la zona derecha aumente hasta que la presión que ejerza la columna de agua se iguale a la presión que tiende a difundir el agua de la zona izquierda a la zona derecha. A este fenómeno se le denomina Ósmosis

Awwa (2012) afirma:

La ósmosis inversa es capaz de expulsar contaminantes o partículas con diámetros tan pequeños como 0.0001 μ m, admite excluir además de sales disueltas en agua, patógenas, durezas, turbidez, compuestos orgánicos sintéticos, pesticidas y la mayoría de los compuestos contaminantes del agua potable conocido hoy en día. (p.26)

2.1.2. Membranas de Ósmosis Inversa

Las membranas de ósmosis inversa se pueden clasificar en diferentes grupos dependiendo de su composición química y naturaleza. Desde un punto de vista industrial, existen distintas configuraciones dependiendo de la forma y como se realiza la empaquetadura para convertirla en una unidad de proceso que maximice el flujo de agua y el rechazo de sales (Shenvi, Isloor & Ismail, 2015).

Dependiendo de la composición química se pueden clasificar en:

- Orgánicas
 - Acetato de celulosa.
 - Poliamidas aromáticas.
 - Otras (Polietilamina, polihidroxietil metacrilato, polifurano sulfonado, Poliacrilonitrilo, Polibencimidazola, Polisulfona).
- Inorgánicas

Las membranas orgánicas están fabricadas con un polímero o copolímero orgánico. Las más utilizadas se obtienen a partir poliamidas aromáticas o acetato de celulosa (Gamal, M., 2002).

La primera membrana semipermeable asimétrica de ósmosis inversa se obtuvo a partir de una mezcla de acetatos de celulosa. El acetato de celulosa se obtiene a partir de la celulosa de la madera o el algodón, tratándola posteriormente hasta obtener las características de permeabilidad y rechazo de sales adecuadas. A partir de este material se desarrolló el triacetato de celulosa que permite trabajar en una gama más amplia de pH. Las membranas de poliamida aromática están basadas en dos polímeros de características similares: poliéter-urea y poliamida aromática lineal. Estas membranas tienen una alta estabilidad química, alto porcentaje de rechazo de sales, no biodegradabilidad y presiones de trabajo reducidas. Las membranas inorgánicas tienen dos inconvenientes que limitan su campo de aplicación: la resistencia a la temperatura y la estabilidad química. Los materiales utilizados o en investigación son cerámicos, vidrio, fosfocenos y carbonos.

Dependiendo de la naturaleza se pueden clasificar en:

- Integrales (también denominadas asimétricas).
- Compuestas de capa fina.

Las membranas están fabricadas con una capa activa y una capa soporte porosa. En el caso de las membranas integrales, el material de ambas capas es el mismo polímero y tienen la misma composición química y la única diferencia es la porosidad de cada capa. Las membranas compuestas de capa fina se pueden considerar como un avance tecnológico de las membranas integrales. En estas membranas, la capa activa y el material soporte están fabricadas con materiales diferentes. La membrana tiene tres capas: la capa superior o capa activa, una capa intermedia que hace de soporte de la capa activa y una capa inferior que le confiere resistencia mecánica a la membrana. Estas membranas tienen una serie de ventajas que las hacen muy interesantes para distintas aplicaciones. Cada capa puede diseñarse y fabricarse por separado, lo cual permite variar tanto el espesor como la porosidad de la capa activa, y

en consecuencia el porcentaje de rechazo de sales y el flujo de permeado (Awwa, 2012).

Dependiendo de la configuración de la membrana se pueden clasificar en:

- Plato-marco.
- Tubular.
- Fibra hueca.
- Arrollamiento espiral.

Las primeras membranas de ósmosis tenían una configuración plato-marco o tubular. Las membranas de fibra hueca tienen el aspecto de un cabello humano, y se componen de una capa activa muy densa en la parte exterior y una estructura soporte porosa en la parte interior. Las membranas con una configuración de arrollamiento espiral son las más utilizadas en la actualidad. Se fabrican de manera que se colocan dos láminas enfrentadas y opuestas entre sí con un espaciador entre medias que actúa como un canal para que circule el permeado por él.

2.1.3. Clasificación del agua desalinizada mediante Ósmosis Inversa

Es necesario establecer la clasificación del agua resultante del proceso de desalinización donde se toma en cuenta el tipo de agua que fue suministrada y del sistema que fue usado, el cual para el propósito de la investigación es el Osmosis Inversa.

2.1.3.1. Agua salobre osmotizada

El agua salobre osmotizada (ROBW) se refiere específicamente al agua producto del proceso de OI con agua salobre, antes de someterse a ningún tipo de post-tratamiento, caracterizada por una muy baja mineralización (Martínez & Martin, 2014).

2.1.3.2. Agua salobre osmotizada

El agua de mar osmotizada (ROSW) se refiere específicamente al agua producto del proceso de OI con agua marina, antes de someterse a

ningún tipo de post-tratamiento, caracterizada por una muy baja mineralización (Martínez & Martin, 2014).

2.1.3.3. Agua de mar desalinizada por OI y remineralizada

El agua de mar desalinizada por OI y remineralizada (DSW) se refiere al agua procedente de plantas desalinizadoras de agua marina, una vez sometida a post-tratamientos que añaden diferentes componentes como Ca^{2+} , SO_4^{2-} , etc., hasta las concentraciones exigidas por la normativa vigente (Martínez & Martin, 2014).

2.1.3.4. Agua salobre desalinizada por OI

El agua salobre desalinizada por OI (DBW) se refiere al agua procedente de plantas desalinizadoras de agua salobre, una vez sometida a post-tratamientos de re-mineralización (Martínez & Martin, 2014).

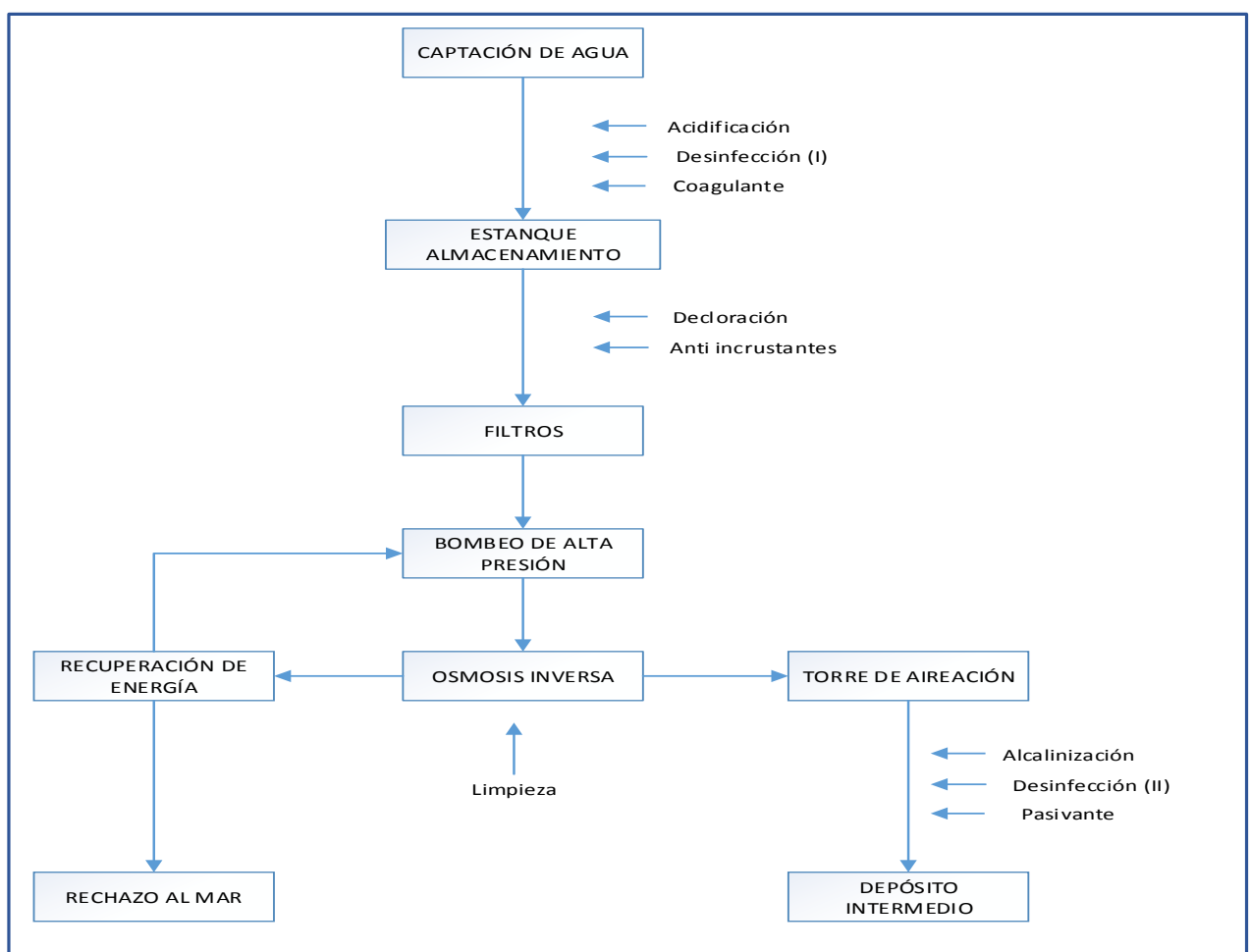
2.1.4. Proceso de una planta desalinizadora mediante Ósmosis Inversa

El proceso de ósmosis inversa en una planta desalinizadora de agua de mar comienza cuando el agua pasa a través de una membrana semipermeable conducida por una bomba que eleva su presión a un valor más alto que su presión osmótica natural. Para lo cual se requiere una bomba de alta presión. El agua de mar, antes de ser destinada para la alimentación de la planta, se somete a una etapa de pre tratamiento fisicoquímico

- a. Pre-tratamiento: Incluye la desinfección con cloro para controlar el crecimiento bacteriológico, seguido de la filtración multimedia para reducir STS (sólidos totales suspendidos), prosigue con la filtración con cartuchos para proteger las membranas de la ósmosis inversa y la clorinación con bisulfito de sodio y anti-crustantes para impedir la precipitación de sales poco solubles.

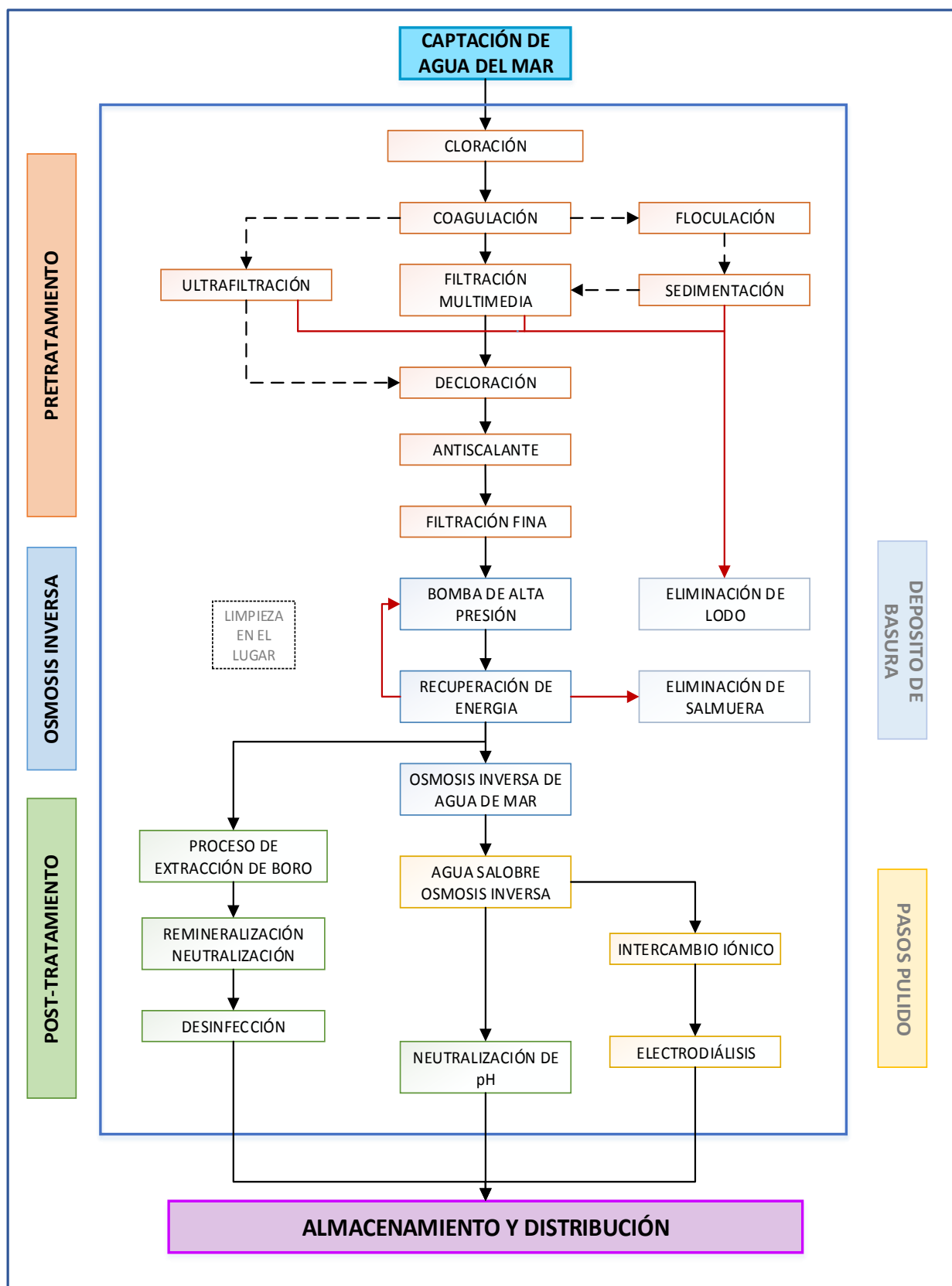
- b. Desalinización: en este proceso mediante la tecnología de ósmosis inversa se logra la separación de las sales del agua en las que están disueltas, hasta los niveles aptos para el consumo humano. La salmuera restante del proceso es devuelta al mar produciéndose previamente una dilución de la concentración de sales que no genera impacto al medio ambiente.
- c. Post-tratamiento: el agua producida por la membrana de la ósmosis inversa requiere en la mayoría de los casos de algún post-tratamiento, los cuales pueden ser clorinación o un ajuste del pH. Este post-tratamiento dependerá del uso al que está destinada el agua recopilada en el proceso, cambiando así la cantidad de químicos necesarios.

Figura 8: Diagrama de Flujo General de Ósmosis Inversa



Fuente: Elaboración Propia

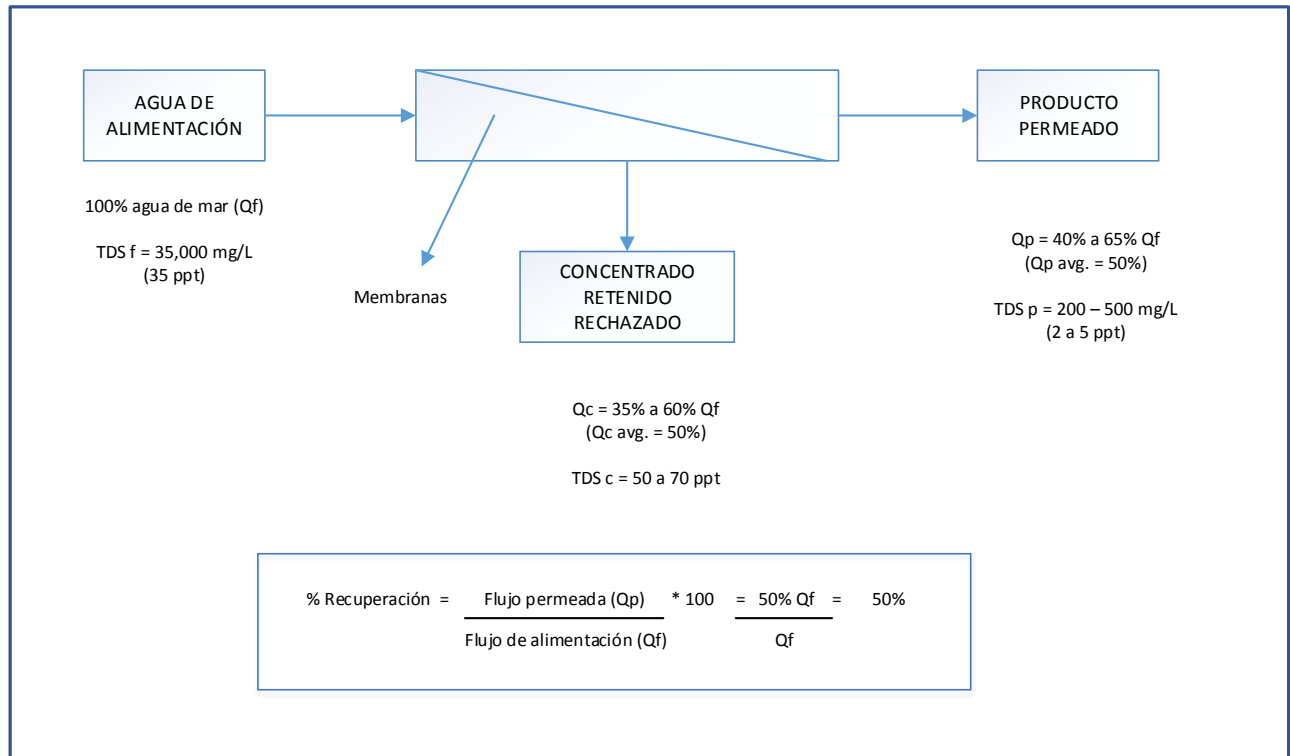
Figura 9: Diagrama de Flujo detallado de Ósmosis Inversa



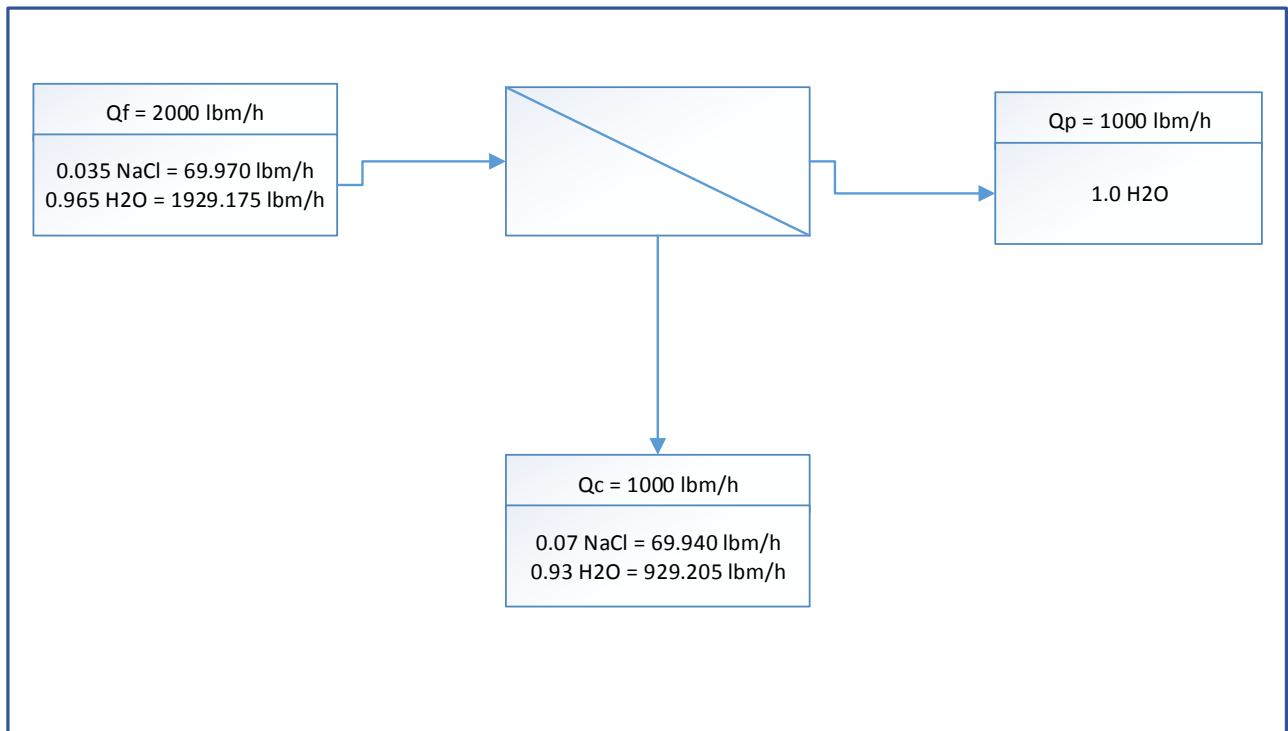
Fuente: Elaboración Propia

2.1.5. Balance de masa de Ósmosis Inversa

Figura 10: Balance de Masa de Ósmosis Inversa



Fuente: Recovery of a typical SWRO system desalination



Fuente: Elaboración Propia

2.1.6. Energía requerida

Se determinó que la mínima energía teórica requerida para la desalinización del agua de mar mediante OI es de alrededor de 0.7 Kwh/m³ según estudios e investigaciones. Esto es cierto pero a su vez no del todo exacto, ya que supone que el volumen de agua de mar es infinito. Por supuesto en los océanos es prácticamente posible realizar el proceso de desalinización infinitamente, pero se debe estimar según el flujo de suministro de agua que se requiere para ser bombeada del mar.

La relación de recuperación es la proporción de agua dulce extraída del agua de mar, la cual para reducir al mínimo el uso de agua de alimentación y de bombeo, lo mejor es utilizar un alto índice de recuperación. La energía mínima teórica (0.7 Kwh/m³) necesaria para la desalinización aumenta con relación de recuperación. El aumento se explica fácilmente en el contexto del uso de la OI porque como se obtiene agua dulce, la salmuera restante se concentra más, lo cual aumenta la presión osmótica y la bomba tiene que trabajar más para extraer el agua. La energía consumida para la desalinización está cuantificada en términos de la energía eléctrica que se requiere, en orden de poder acoplar otros sistemas de desalinización térmica como MSF y MED. De acuerdo a la investigación realizada por el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos se obtiene los datos presentados a continuación.

Tabla 4: Comparación entre los procesos predominantes de desalinización de agua de mar

COMPARACIÓN ENTRE LOS PROCESOS PREDOMINANTES DE DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR			
	OI	MSF	MED
Temperatura de Operación (°C)	< 45	< 120	< 70
Requisito de Pre-tratamiento	Alto	Bajo	Bajo
Forma principal de energía	Mecánica (Eléctrica)	Vapor (Calor)	Vapor (Calor y Presión)
Consumo de Calor (kJ/Kg)	NA	250 - 330	145 - 390
Uso de energía eléctrica (kWh/m³)	2.5 - 7.0	3.0 - 5.0	1.5 - 2.5
Capacidad actual de suministro (m³/d)	< 20,000	< 76,000	< 36,000
Calidad el agua producida (mg/L)	200 - 500	< 10	< 10
Recuperación promedio de agua	35 - 50%	35 - 45%	35 - 45%
Confiabilidad	Moderada	Alta	Alta

Fuente: National Academy Press, Desalination: A National Perspective

La comparación de las cifras de OI con las cifras de los otros métodos (MSF y MED) ilustra los beneficios considerables a los procesos térmicos mediante el reciclaje de calor y de consumo térmico, a pesar de su confiabilidad actualmente la OI es le tecnología más eficiente de energía para la desalinización de agua de mar. Su confiabilidad disminuye debido a las consideraciones externas como capital de inversión y mantenimiento, agregándole además el hecho de que este método tiene menos tiempo en el mercado.

2.2. Costos de desalinización de agua de mar

Los costos para la desalinización de agua de mar dependen del método de desalinización usado, la calidad del agua de alimentación, la capacidad de producción de la planta y de su método de eliminación o mitigación de residuos. En estos se incluyen el costo de inversión (localización, equipos y obras civiles), operación y mantenimiento, energía, productos químicos, mano de obra y costos ambientales (consumo de agua y las externalidades ambientales para la seguridad de la operación).

El costo de la operación primaria de las plantas desalinizadoras es la obtención de energía, la cual normalmente representa el 44% de los costos de operación y mantenimiento de una planta de agua de mar operando bajo un sistema de Ósmosis Inversa.

La oficina de reclamación de Estados Unidos realizó una investigación detallada sobre el costo de desalinización en las plantas de EE.UU obteniendo que una planta bajo el método de Ósmosis Inversa implica un costo de instalación entre 700 - 900 dólares por metro cúbico de agua que se produzca, así mismo obtuvo que el costo del agua producida se encuentra en un rango de 0.68 - 0.92 dólares por metro cúbico. (US Bureau of Reclamation [USBR], 2000).

Tabla 5: Costos de instalación, operación y mantenimiento según el método de desalinización de agua de mar

COSTO DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SEGÚN EL MÉTODO DE DESALINIZACIÓN DE AGUA DE MAR		
Planta Desalinizadora	Costos de Instalación	Costos del agua producida
	(US\$/m ³)	
Ósmosis Inversa (OI)	700 - 900	0.68 - 0.92
Compresión de vapor (CV)	950 - 1000	0.87 - 0.95
Destilación Múltiple Efecto (MED)	900 - 1000	0.75 - 0.85
Destilación Flash Multietapa (MSF)	1200 - 1500	1.10 - 1.25

Fuente: US Bureau of Reclamation (USBR) Survey of US costs and water rates for desalination and membrane softening plants.

El procedimiento de Ósmosis Inversa es el método con menor costo de instalación, producción y de mantenimiento, convirtiéndolo en la alternativa más rentable para la implementación de una planta de desalinización de agua de mar.

Tabla 6: Estructura de los costos de los diversos procesos de desalinización de agua de mar

ESTRUCTURA DE COSTOS DE DIVERSOS PROCESOS DE DESALINIZACIÓN			
Costo del Proceso	Ósmosis Inversa (OI)	Destilación Múltiple Efecto (MED)	Destilación Flash Multietapa (MSF)
	(US\$/m³)		
Costo de Inversión	0.301	0.520	0.449
Electricidad	0.250	0.100	0.250
Operación	0.128	0.128	0.128
Materiales	0.126	0.072	-
Químicos	0.072	0.024	0.024
Vapor	-	0.256	0.305
Total	0.877	1.100	1.156

Fuente: US Bureau of Reclamation (USBR) Survey of US costs and water rates for desalination and membrane softening plants.

Tabla 7: Presupuesto tentativo para una planta desalinizadora de agua de mar por Ósmosis Inversa

PRESUPUESTO DEL EQUIPAMIENTO DE LA PLANTA			
Elemento	Unidades	Precio Unitario (\$)	Importe (\$)
Depósito Biocida	1	238,00	238,00
Depósito antiincrustante	1	133,00	133,00
Filtros de profundidad	3	16.237,20	48.711,60
Equipo OI	4	122.668,25	490.673,00
Módulo EDI	2	111.286,13	222.572,60
Depósito agua de lavado	1	2.670,00	2.670,00
Depósito agua osmotizada	1	171.600,00	171.600,00
Depósito agua desmineralizada	1	784.680,00	784.680,00
Bomba PZ-80L-20/4 para bombeo de agua de pozo y bombeo de agua osmotiz. a EDI	4	2.789,00	11.156,00
Bomba PZ-63-20/4 para bombeo de agua de lavado de filtros multicapa	1	2.067,00	2.067,00
Bomba DDI 222 AR150-4 para dosificación de biocida	1	385,00	385,00
Bomba DDI 222 AR 60-10 para dosificación de antiincrustante	1	385,00	385,00
Bomba SS240013-50 para bombeo a OI	4	Incluido	0
Bomba SS12504D-50 para bombeo de agua de limpieza de membranas de OI	4	Incluido	0
Bomba JET45 para bombeo de purga de concentrado de la EDI	2	278,00	556,00
Total (\$)			1.735.827,20

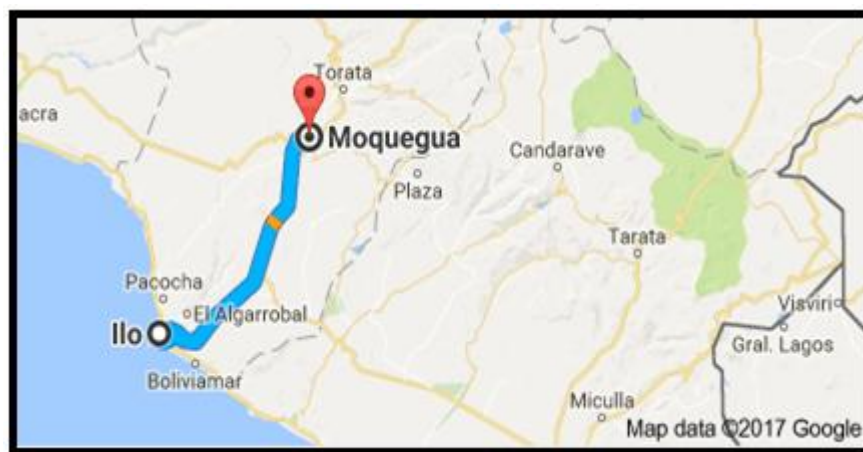
Fuente: Elaboración Propia

2.3. Localización de la planta desalinizadora

La provincia de Ilo está ubicada a una altitud media de 15 msnm, con coordenadas 17°38'55"S 71°19'50"O. Posee una superficie total de 95.6 km², la temperatura media anual es de 18.9°C. Para la investigación se sugiere el abastecimiento del recurso hídrico proveniente de esta provincia donde se tomara en cuenta la cantidad de sólidos disueltos promedios del Océano Pacífico. Esta provincia tiene diversas actividades económicas como la agricultura, la producción, entre otros. Se estima que solo se consume un bajo porcentaje de agua, y el resto se pierde en el mar, haciendo de esta manera factible su uso para la implementación de la planta desalinizadora (Gobierno Regional de Moquegua, 2015).

Se evalúa que la ubicación de la planta será en la provincia de Ilo, para la distribución del agua desalinizada será necesario recorrer un trayecto corto para el abastecimiento de las empresas en dicho lugar y un trayecto de una distancia de 67 Km para abastecer a las plantas o empresas industriales procesadoras pertenecientes a Moquegua.

Figura 11: Distancia y Ubicación geográfica de la provincia de Ilo

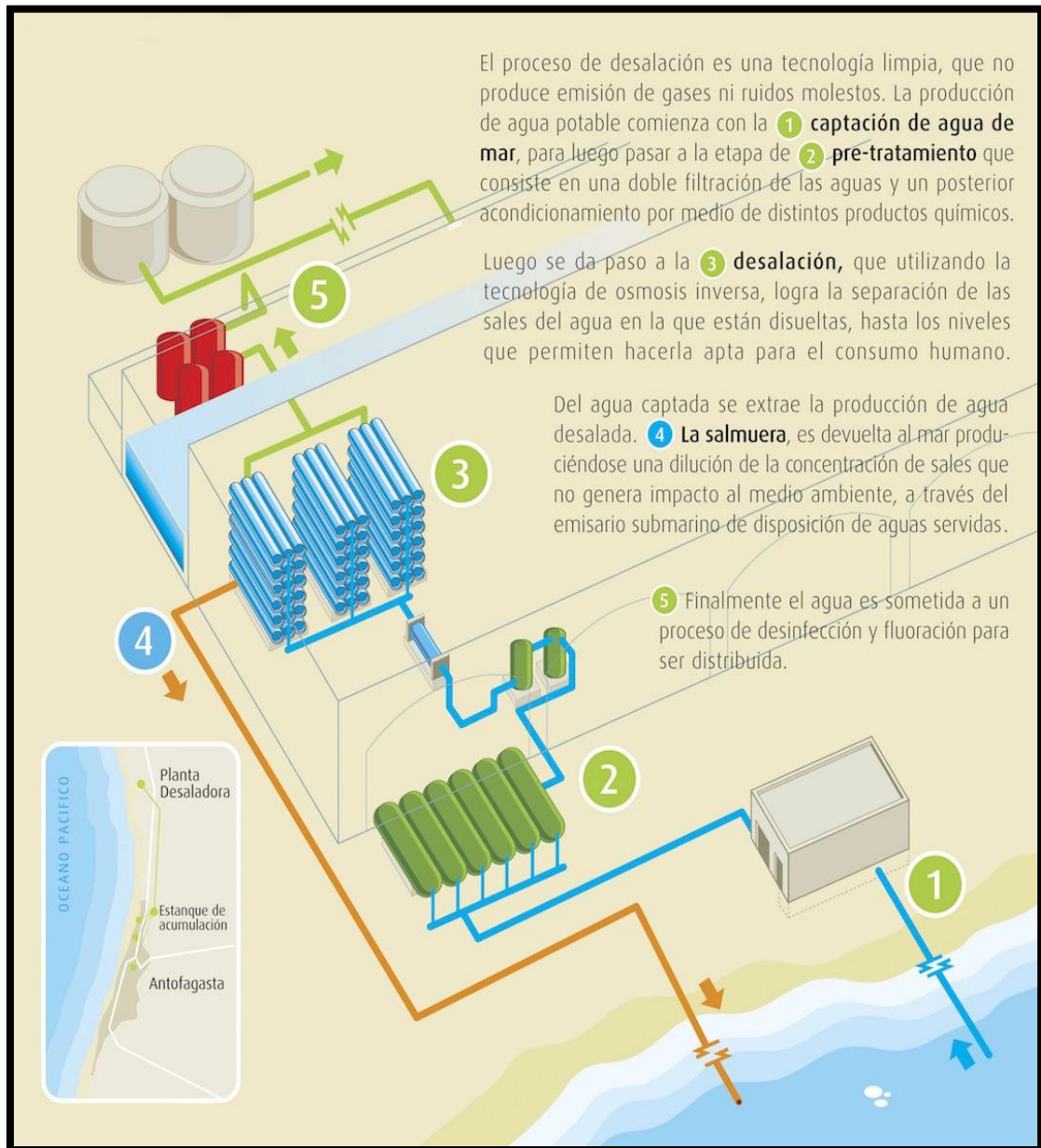


Fuente: Google Maps, 2017

La provincia de Ilo representa la mejor zona para la instalación de la planta desalinizadora debido a la cercanía del Océano Pacífico, es necesario recalcar

la necesidad de estimar los costos de transportar el recurso hídrico resultante del proceso hacia las plantas para determinar el costo real del agua desalinizada.

Figura 12: Croquis de una Planta Desalinizadora de agua de mar



Fuente: Martín & Sánchez, 2005

2.4. Impacto Social

A menudo las personas son un agente sumamente importante en el desarrollo de estos proyectos, personas de la zona pueden ser capaces de detener o incluso bloquear la implementación de una planta si la percepción que la sociedad tiene es negativa, ya sea una preocupación justificada o no. Un ejemplo de esto es el proyecto minero Tía María, ya que en el Perú, la sociedad cobra bastante poder al momento de desarrollar proyectos nuevos y de los cuales no se les ha brindado toda la información a la población, originando que dichos proyectos sean detenidos por la respuesta social.

En el proceso de la desalinización de agua de mar, las preocupaciones de la población varían e incluyen dudas con respecto a la fuente de alimentación y al producto final, es decir al riesgo de consumir agua desalinizada dado que las personas y empresas pueden percibir que el agua producida por la desalinización en base a la Ósmosis Inversa no es lo suficientemente segura para el uso y/o consumo humano. En este caso los abastecedores de agua, que serían las plantas desalinizadoras, deben abordar esta preocupación mediante la educación a la población del uso de avances tecnológicos de los procesos de tratamiento del agua y de la eficiencia de eliminación de componentes no aptos. Otros factores que afectan negativamente son los efectos ambientales de la operación del proceso, cuestiones de privatización, costo elevado del agua y el futuro del recurso hídrico en la zona. Es así que en ocasiones los ciudadanos locales y organizaciones no gubernamentales pueden influir en un organismo regular o en el mismo gobierno local, los cuales pondrán obstáculos en el proceso de permisos regulatorios.

Estas percepciones y preocupación son aplacadas a menudo por la necesidad o urgencia de una fuente adicional de agua para el consumo humano en zonas de escasez total, es por ello que sería necesario realizar esfuerzos para aumentar la aceptación pública mediante la comunicación de la información sobre las operaciones y medidas de conservación ambiental y social que asumiría la planta desalinizadora.

2.5. Impacto Medioambiental

La Ósmosis Inversa es el método más utilizado por las industrias para proveer agua limpia, juega un papel importante para abastecer a millones de personas que no tienen acceso a este recurso.

Factores como el impacto de la fuente de adquisición del agua, la gestión de residuos o concentraciones provenientes del proceso de desalinización y el impacto de las emisiones de gases del efecto invernadero de la energía necesaria para suministrar la planta, siguen siendo estudiados con el objetivo de aminorar o aplacar su efecto.

En el caso de la fuente de adquisición del agua, las variaciones del tipo de agua según la ubicación geográfica pueden variar por lo cual dificulta estandarizar el proceso de obtención de agua limpia, cuestiones como el nivel de microorganismos en el mar, especies marinas y niveles de salinidad son elementos indispensables a la hora de ejecutar el procedimiento, por lo cual las plantas desalinizadoras deben realizar mayores esfuerzos para conocer las características y limitaciones del agua que trataran.

Otro factor es la gestión de residuos o concentraciones que se producen durante la desalinización, incluida la concentración de sal resultante, la limpieza y acondicionamiento de la planta la cual usa reactivos que deben ser eliminados o reutilizados. El componente con mayor cantidad de residuo es la concentración de sal resultante del proceso que varía según las proporciones de fuente de agua y el proceso de desalinización usado. Actualmente dependiendo del origen y calidad del recurso hídrico, la recuperación del residuo mediante las membranas de la Ósmosis Inversa para la desalinización de agua de mar es entre 35% y 60%, lo que implica que el 40% a 65% del agua alimentada vuelve a concentrarse (Malmrose, 2004).

Además de las sales y otros elementos de origen natural, la desalinización puede contener productos químicos utilizados en el proceso.

Según el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos, en su estudio Desalinización: una perspectiva nacional (2008) indica:

Que el tipo de concentración y pretratamiento de estos químicos varía según el diseño de la planta desalinizadora, frecuencia de uso y de las condiciones del agua. Indica además que no todos estos químicos son usados en su totalidad, o son de uso permanente.

Se muestra un reporte de algunos de los aditivos químicos y su reporte de emisión usados en el procedimiento.

Tabla 8: Reporte de dosis de concentraciones de aditivos químicos en el pretratamiento de desalinización de Ósmosis Inversa

DESALINIZACIÓN MEDIANTE ÓSMOSIS INVERSA	
Aditivo Químico	Reporte de Emisión (mg/L)
Ácido Sulfúrico	6.6 - 100.0
Bisulfito de Sodio	3.0 - 19.0
Hexametáfosfato de Sodio	2.0 - 10.0
Ácido Poliacrílico	2.9
Fosfonato	1.4
Cloruro Ferrico	0.8 - 25.0
Bioácido de Cloro	0.5 - 6.0
Polyelectrolyte	0.2 - 4.0

Fuente: National Academy Press, Desalination: A National Perspective

El uso de estas sustancias podría causar graves daños si se descargan en ambientes marinos sensibles, por lo cual las plantas desalinizadoras utilizan métodos de neutralización para reducir el impacto ambiental, a su vez el volumen de aditivos químicos puede ser reducido usando métodos de filtración en el proceso de pre-tratamiento (Dudek, 2005). La emisión de gases de efecto invernadero se genera debido a las cantidades significantes de energía eléctrica y gas natural para la captación del agua, su tratamiento y transporte en la desalinización.

A continuación se muestra una matriz de Impactos Ambientales.

Tabla 9: Matriz de impacto ambiental para la planta desalinizadora de agua de mar

Planta Desalinizadora de agua de mar				EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL				MEDIDAS DE CONTROL			EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL RES.			
N°	Código de Aspecto Ambiental	ASPECTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	Severidad / Consecuencia	Probabilidad / Frecuencia	VALORACIÓN	NIVEL DE IMPACTO AMBIENTAL	ELIMINACIÓN / SUSTITUCIÓN / INGENIERÍA	CONTROLES	SEÑALIZACIÓN / ADVERTENCIAS	Severidad/Consecuencia R.	Probabilidad/Frecuencia R.	VALORACIÓN RESIDUAL	NIVEL DE IMPACTO AMBIENTAL RESIDUAL
1	1503	Manejo inadecuado de residuos comunes	Efecto negativo sobre la calidad del suelo	5	C	22	BAJO	N.A.	Segregación de residuos; Plan de Manejo de residuos	N.A.	5	D	24	BAJO
2	1103	Consumo de combustible	Disminución del recurso combustible	4	D	21	BAJO	N.A.	Equipos en buen estado; Mantenimiento preventivo	N.A.	4	E	23	BAJO
3	1301	Emisión de gases de combustión	Efecto negativo sobre la calidad del aire	4	D	21	BAJO	N.A.	Equipos en buen estado; Inspección de los mismos; Control de Emisión de humos; Mantenimiento preventivo	N.A.	4	E	23	BAJO
4	1705	Consumo de energía eléctrica	Disminución del recurso energético	4	D	21	BAJO	N.A.	Apagar los monitores y otros equipos eléctricos, modo suspensión; retroalimentación en reuniones de 10 minutos sobre el ahorro de energía	N.A.	5	D	24	BAJO
5	1401	Potencial derrame de grasas y/o aceite	Efecto negativo sobre la calidad del suelo y/o aguas subterráneas	4	C	18	BAJO	N.A.	Plan de Manejo de residuos; Proc. de Manejo, Traslado y Almacenamiento temporal de Hidrocarburos y Tierras Contaminadas; Plan de Preparación y Respuesta ante emergencias	N.A.	5	D	24	BAJO
6	1706	Otros (Potencial amago de incendio / Incendio)	Otros (Efecto negativo sobre la calidad del aire y suelos)	4	D	21	BAJO	N.A.	Extintores ; Manejo defensivo; Mantenimiento preventivo; Uso adecuado de los máquinas	N.A.	5	D	24	BAJO

Fuente: Elaboración Propia

**MATRIZ DE EVALUACIÓN
DE RIESGOS/IMPACTOS AMBIENTALES**

VALOR DE SEVERIDAD	1	1	2	4	7	11
	2	3	5	8	12	16
	3	6	9	13	17	20
	4	10	14	18	21	23
	5	15	19	22	24	25
		A	B	C	D	E
VALOR DE PROBABILIDAD						

VALORES DE SEVERIDAD PARA S&SO Y MEDIO AMBIENTE

VALOR DE SEVERIDAD		LESIÓN PERSONAL	MEDIO AMBIENTE	DAÑO A LA PROPIEDAD	DAÑO AL PROCESO
1	Catastrófico	Varias fatalidades. Varias personas con lesiones permanentes.	Impacto ambiental desastroso, que presenta efectos a largo plazo y que requiere labores de remediación de gran escala.	Pérdidas por un monto superior a US\$ 100000.	Paralización de procesos de más de 01 mes o paralización definitiva.
2	Fatalidad (Pérdida mayor)	Una fatalidad. Estado vegetal.	Impacto ambiental serio, que presenta efectos a mediano plazo y que requiere labores de remediación significativas.	Pérdidas por un monto entre US\$ 10000 y US\$ 100000.	Paralización de procesos de más de 01 semana y menos de 01 mes.
3	Pérdida Permanente	Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad normal de por vida. Enfermedades ocupacionales avanzadas.	Impacto ambiental reversible, moderado, que presenta efectos en corto plazo y que requiere labores de remediación moderadas.	Pérdidas por un monto entre US\$ 5000 y US\$ 10000.	Paralización de procesos de más de 01 día y hasta 01 semana.
4	Pérdida temporal	Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posición ergonómica.	Impacto ambiental reversible, menor, que requiere labores de remediación muy menores.	Pérdidas por un monto entre US\$ 1000 y US\$ 5000.	Paralización de 01 día.
5	Pérdida menor	Lesión que no incapacita a la persona. Lesiones leves.	Impacto ambiental reversible, insignificante, que requiere labores de remediación muy menores o nulas.	Pérdida menor a US\$ 1000.	Paralización menor de 01 día.

VALORES DE PROBABILIDAD PARA S&SO Y MEDIO AMBIENTE

VALOR DE PROBABILIDAD	PROBABILIDAD DE FRECUENCIA	FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN
A Común (Muy probable)	Sucede con demasiada frecuencia.	Muchas (6 a más) personas expuestas varias veces al día.
B Ha sucedido (Probable)	Sucede con frecuencia.	Moderadas (3 a 5) personas expuestas varias veces al día.
C Podría suceder (Posible)	Sucede ocasionalmente.	Pocas (1 a 2) personas expuestas varias veces al día. Muchas personas expuestas ocasionalmente.
D Raro que suceda (Poco probable)	Rara vez ocurre. No es muy probable que ocurra.	Moderadas (3 a 5) personas expuestas ocasionalmente.
E Prácticamente imposible que suceda	Muy rara vez ocurre. Imposible que ocurra.	Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.

ACCIONES DE ACUERDO AL NIVEL DE RIESGO O IMPACTO AMBIENTAL

NIVEL DE RIESGO/IMPACTO AMBIENTAL	VALORACIÓN	ACCIONES A TOMAR
ALTO	Del 01 al 08 "SIGNIFICATIVO"	Intolerable. Debe tomarse acción inmediata para eliminar/reducir substancialmente el riesgo o impacto ambiental. Si no se controlan SE PARALIZAN LOS TRABAJOS.
MEDIO	Del 09 al 15 "MODERADAMENTE SIGNIFICATIVO"	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo o impacto ambiental. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata.
BAJO	Del 16 al 25 "NO SIGNIFICATIVO"	Este riesgo puede ser tolerable. Se requiere medidas para mantener controlado el riesgo o impacto ambiental.

2.6. Industria Procesadora en Moquegua

Se ha establecido que en la Región Moquegua, las industrias procesadoras son las actividades que mayor consumo de agua tiene (Gobierno Regional de Moquegua, 2015).

En este sector los principales problemas son la deficiente infraestructura, ya que en su mayoría sufren el embate estacional de los ríos por la debilidad de las defensas ribereñas y el estado precario de la infraestructura de abastecimiento de agua. Otro problema es la escasez de los recursos hídricos, ya que si bien es cierto que la provincia cuenta con reservorios, hay épocas del año en el que el recurso hídrico se torna insuficiente debido a las malas condiciones de los canales de conducción y el deficiente manejo del producto debido al desconocimiento de técnicas adecuadas para su uso (Gerencia Regional de Moquegua, 2010).

Estos problemas afectan directamente a las industrias de procesadoras, ya que en este sector para la producción, se necesita de infraestructura de procesamiento, empackado, conservación en frío que guarde, procese y mantenga la producción principal, con el objetivo de encontrar la mejor oportunidad de venta, consiguiendo un valor agregado en el precio. Para el desarrollo de estas industrias es imprescindible el recurso hídrico en todo el proceso productivo (Gobierno Regional de Moquegua, 2015).

Desde el año 1970 hasta el 2014, el consumo de agua se ha triplicado en todo el mundo superando los 5.6×10^{12} m³ por año y para el siglo XXI se incrementó 6 veces más, este cambio es el doble de la población global (INE, 2008). A medida que la tasa de crecimiento poblacional incrementa, los habitantes de un país se ven afectados por una escasez hídrica, esto dará como resultado dificultades para el desarrollo de producción harina y aceite de pescado.

La Escuela Panamericana Zamorano cuenta con una planta procesadora de harina y aceite de pescado que demanda año tras año grandes volúmenes de agua para su normal y correcto funcionamiento. La planta utilizó un volumen de 26,518 m³ de agua para procesar la materia prima que ingresa, siendo este

año en donde se gastó la mayor cantidad de agua desde el 2002 (Paz & Estévez, 2010).

Según un estudio realizado por alumnos del Zamorano, se determinó que, dentro de los procesos que se llevan a cabo en la planta, el uso de agua de enfriamiento constituye el punto de mayor consumo.

Actualmente las plantas procesadoras de harina y aceite de pescado de la provincia de Ilo tiene una producción de hasta 100 T/H. Se estima que en los próximos años la necesidad de infraestructura y recursos será más evidente, debido a la inserción de mayores industrias internacionales.

Tabla 10: Industrias procesadoras de harina y aceite de pescado de la Provincia de Ilo

DOCUMENTO	RAZON SOCIAL	REPRESENTANTE LEGAL	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	RESOLUCIÓN	CAPACIDAD	ESTADO	TIPO	ACTIVIDAD
20447466547	PROCESADORA DE PRODUCTOS MARINOS S.A.	RODRIGUEZ MAMANI ROLANDO ELISEO	MOQUEGUA	ILO	R.D. N° 080-2005-PRODUCE/DNEPP	40T/H	VIGENTE	INDUSTRIAL	HARINA, ACEITE
20136165667	PESQUERA HAYDUK S.A.	JOSE MANUEL ARRIOLA MARQUEZ	MOQUEGUA	ILO	R.D. N° 370-2006-PRODUCE/DGEPP	78T/H	VIGENTE	INDUSTRIAL	HARINA, ACEITE
20447546818	CONSORCIO PESQUERO RODRIGUEZ S.A.	RODRIGUEZ MAMANI ROLANDO ELISEO	MOQUEGUA	ILO	R.D. N° 030-2006-PRODUCE/DNEPP	1045C/T	CANCELADO	INDUSTRIAL	ENLATADO
20508824115	CONGELADOS PERUANA DEL PACIFICO S.A.	ENRIQUE GABRIEL AGREDA CALLAN	MOQUEGUA	ILO	RD. N° 621-2011-PRODUCE/DGEPP	47.6T/D	VIGENTE	INDUSTRIAL	CONGELADO
20510395647	AMERICA ASIA INTERNATIONAL UNITE S.A.C.	CHOY FLORES MARTHA CECILIA	MOQUEGUA	ILO	R.D. N° 036-2005-G.R.MOQ/DIREPRO-	1.66T/D	VIGENTE	ARTESANAL	OTRAS
20347196917	PESQUERA RUBI S.A.	VALDIVIESO SANCHEZ JUAN LUIS	MOQUEGUA	ILO	R.D. N° 047-99-PE/DNPP	46T/H	SUSPENDIDO	INDUSTRIAL	HARINA, ACEITE
20543596168	NEGOCIOS RAFMAR S.A.C.	MARCO JAMANCA VEGA	MOQUEGUA	ILO	RD. N° 219-2012-PRODUCE/DGEPP	50T/H	VIGENTE	INDUSTRIAL	HARINA, ACEITE
20520076159	ALIMENTOS CONGELADOS S.A.C.		MOQUEGUA	ILO	RD. N° 122-2011-PRODUCE/DGEPP	45T/D	VIGENTE	INDUSTRIAL	CONGELADO
20115829239	EMPRESA DE LOS PRODUCTOS DEL MAR E.I.R.L.	RODRIGUEZ VILLANUEVA LUIS ROLANDO	MOQUEGUA	ILO	R.D. N° 030-2006-PRODUCE/DNEPP	5T/D	VIGENTE	INDUSTRIAL	CONGELADO
20338054115	AUSTRAL GROUP S.A.A	JUAN DE DIOS ARCE VIZCARRA	MOQUEGUA	ILO	R.D. N° 055-99-PE/DNPP	100T/H	VIGENTE	INDUSTRIAL	HARINA, ACEITE
20224748711	CORPORACION PESQUERA INCA S.A.C.	TRAPUNSKY VILAR PABLO LEONARDO	MOQUEGUA	ILO	R.D. N° 358-2008-PRODUCE/DGEPP	90T/H	VIGENTE	INDUSTRIAL	HARINA, ACEITE
20136165667	PESQUERA HAYDUK S.A.	JOSE MANUEL ARRIOLA MARQUEZ	MOQUEGUA	ILO	R.M. N° 064-97-PE	21T/D	VIGENTE	INDUSTRIAL	CONGELADO
20520089641	FRIGORIFICO MELANI SRL.	MELIDA BENITA UGARTE VELA VDA DE BARRIENTOS	MOQUEGUA	ILO	RD. N° 075-2012-PRODUCE/DGCHD	20T/D	VIGENTE	INDUSTRIAL	CONGELADO
20534981164	FRIGORIFICO Z & C S.R.L.		MOQUEGUA	ILO	RD. N°303-2015-PRODUCE/DGCHD	3T/D	VIGENTE	INDUSTRIAL	CONGELADO
20100971772	TECNOLOGICA DE ALIMENTOS S.A.	OLGA CLAUDIA BIANCHI DE LOS RIOS	MOQUEGUA	ILO	RD. N° 134-2012-PRODUCE/DGEPP	138T/H	VIGENTE	INDUSTRIAL	HARINA, ACEITE

Fuente: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES).

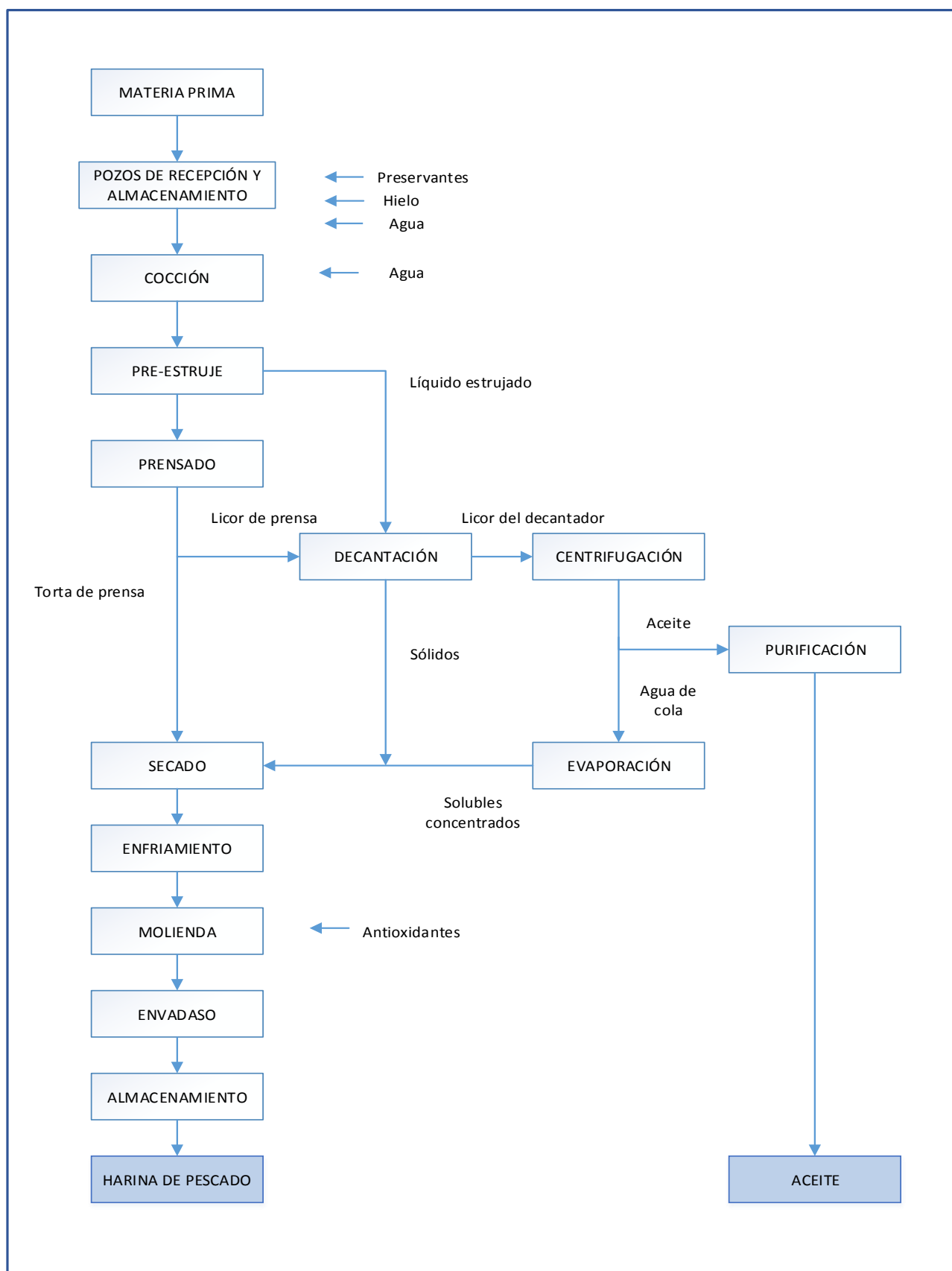
Para la investigación se detallara información sobre la empresa Austral Gruop S.A.A. para determinar la factibilidad de uso de agua desalinizada en sus procesos operativos.

2.6.1. Proceso de Elaboración de Harina y Aceite de Pescado

El proceso de elaboración de harina y aceite de pescado consiste básicamente en la separación de los tres componentes principales de la materia prima: agua, aceite y sólidos, lo más completamente posible, con el objetivo de obtener un producto estable, concentrado en proteínas y con niveles de agua que no permitan el desarrollo microbiano. Existen varios métodos de elaboración pero el más utilizado es el Prensado Húmedo. Este sistema se basa en una cocción y prensado de la materia prima y posterior secado y molido de la torta obtenida. Para ello se utilizan equipos especialmente diseñados, modificando ciertas variables del proceso de acuerdo a la materia prima utilizada a fin de optimizar el rendimiento y calidad del producto final.

En el diagrama de flujo mostrado se observa esquemáticamente las distintas etapas del proceso. Del mismo modo se muestra un balance de materia donde se observa el rendimiento de harina y aceite de pescado, dependiendo de la composición y condiciones de la materia prima de la que se parta.

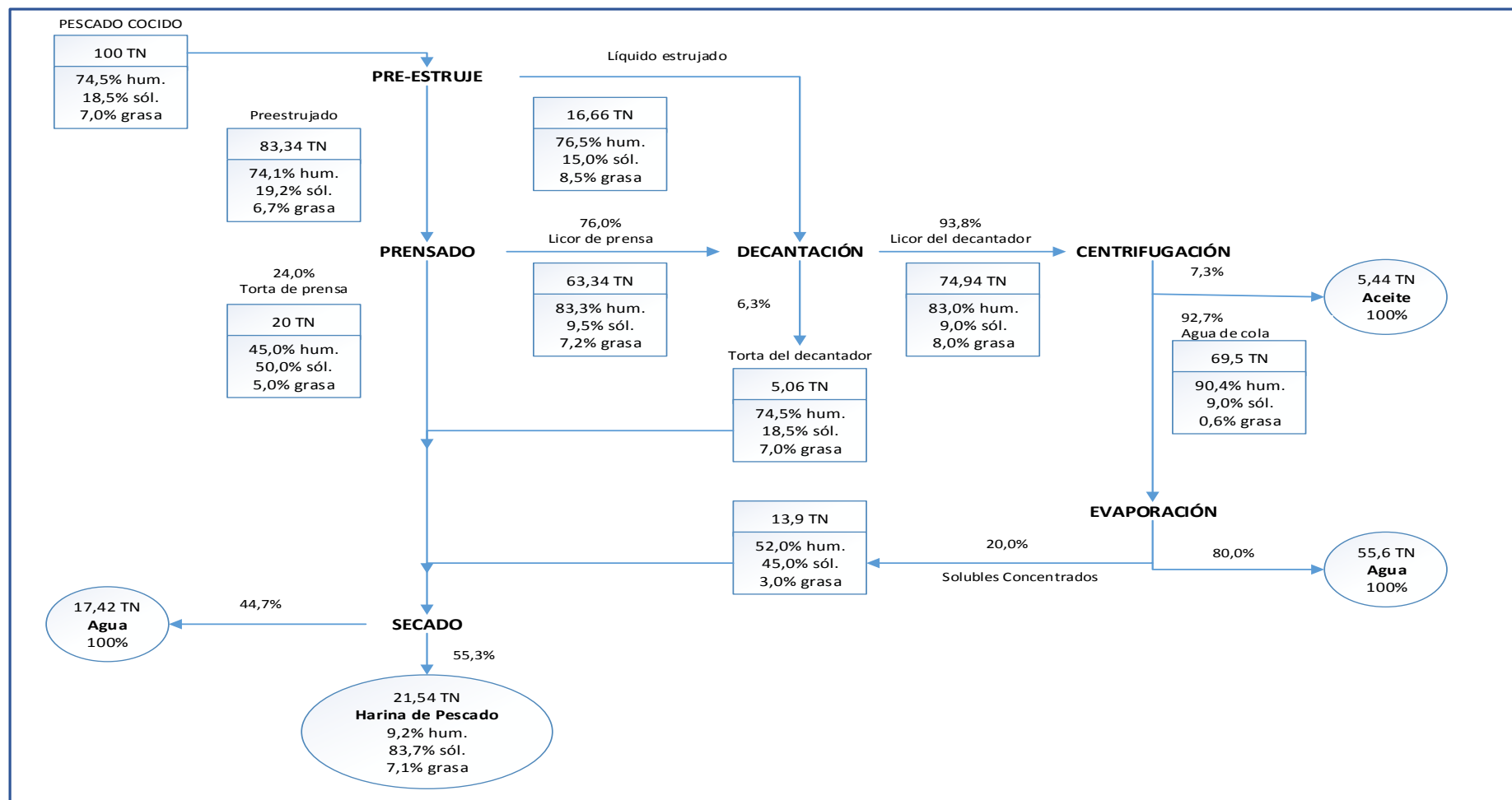
Figura 13: Diagrama de Flujo de la elaboración de harina y aceite de pescado



Fuente: Elaboración Propia

2.6.2. Balance de Materia de Elaboración de Harina y Aceite de Pescado

Figura 14: Balance de Materia



Fuente: Elaboración Propia

2.6.3. Producción de Harina y Aceite de Pescado

Se muestra el comportamiento histórico de la Producción de Harina y Aceite de Pescado en Provincia de Ilo.

Tabla 11: Producción de Harina de Pescado

PERÚ: PRODUCCIÓN DE HARINA DE PESCADO SEGÚN PUERTO, 2006 - 15 (TMB)

Puerto	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	1 342 391	1 399 047	1 414 728	1 348 460	787 436	1 637 705	853 602	1 114 185	526 478	852 421
Paita	23 946	58 425	41 112	12 117	20 582	33 894	8 753	176	294	-
Parachique	21 852	33 612	32 160	18 023	3 337	21 084	7 636	5 872	9 176	-
Bayóvar	34 733	42 939	39 047	42 746	22 195	46 934	27 140	-	-	20 742
Chicama	157 430	190 211	163 272	110 486	112 788	107 934	132 283	173 150	62 834	63 342
Salaverry	624	95	72	-	-	-	-	-	-	-
Chimbote	206 322	227 895	214 118	192 861	158 681	219 304	136 975	259 407	59 660	103 540
Coishco	83 816	77 486	71 840	87 961	54 129	69 769	53 470	55 781	9 621	45 431
Casma	14 929	5 582	9 524	-	-	-	-	-	-	-
Samanco	32 140	25 820	30 757	44 970	31 916	21 811	19 720	37 286	6 113	14 725
Huarmey	37 818	34 670	44 589	63 273	29 479	27 719	9 042	22 746	-	-
Culebras	8 923	8 079	5 926	-	-	-	-	-	-	-
Supé	82 691	77 911	90 683	83 957	22 088	100 947	25 788	76 053	26 162	45 778
Végueta	50 170	51 408	56 359	55 662	8 279	71 069	17 406	53 003	25 765	49 984
Huacho/Carquin	30 155	32 365	37 981	26 190	8 727	45 708	14 451	28 310	17 642	31 846
Chancay	109 769	95 657	96 655	84 716	46 160	164 039	67 339	111 403	48 864	74 310
Callao	91 372	93 341	96 076	132 465	77 949	187 883	94 433	101 955	71 266	97 715
Pucusana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tambo de Mora	38 615	40 668	68 582	66 839	32 609	109 412	45 125	41 494	30 697	73 466
Pisco/San Andrés	110 813	82 344	112 346	195 306	87 066	250 349	107 806	87 383	77 561	162 431
Atico	26 023	31 437	29 777	39 370	4 313	27 548	19 865	6 828	11 635	10 405
Ocoña	-	-	-	-	-	3 683	-	5 656	16 289	-
La Planchada	32 478	29 869	39 011	22 349	2 575	22 433	16 580	-	-	13 058
Quilca	-	-	-	2 457	146	2 847	-	-	-	-
Mollendo	21 455	23 463	14 223	7 941	408	13 738	8 766	5 259	10 075	6 147
Matarani	17 846	24 340	20 919	11 601	1 670	20 626	9 820	11 446	7 837	6 355
Ilo	108 471	111 430	99 699	47 170	62 339	68 974	31 205	30 979	34 987	33 146

Nota : No incluye Harina Residual ni otros tipos de harina.

Fuente: Produce.gob.pe

Tabla 12: Producción de Aceite de Pescado

PERÚ: PRODUCCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PESCADO SEGÚN PUERTO, 2006 - 15
(TMB)

Puerto	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	279 802	309 824	293 025	287 575	174 088	335 744	196 396	175 196	102 698	94 524
Paita	9 282	11 494	6 685	3 188	6 790	6 592	2 323	15	32	-
Parachique	6 267	5 904	4 641	3 171	934	5 887	1 718	985	876	-
Bayóvar	10 605	8 520	5 386	8 158	6 349	13 331	6 898	-	-	2 693
Chicama	36 115	39 361	33 609	21 623	34 900	25 622	37 270	29 714	12 286	7 269
Salaverry	89	21	13	-	-	-	-	-	-	-
Chimbote	41 488	47 039	45 884	36 356	39 807	49 840	41 054	44 993	13 342	12 349
Coishco	19 408	19 538	15 385	17 465	14 913	17 310	14 349	6 470	2 804	5 083
Casma	3 010	1 269	2 196	-	-	-	-	-	-	-
Samanco	6 940	5 847	7 752	8 754	7 002	4 578	5 333	5 913	1 156	1 933
Huarmey	7 501	8 256	11 191	14 976	7 275	5 221	2 529	3 883	44	-
Culebras	1 991	2 276	1 519	-	-	-	-	-	-	-
Supe	19 616	21 949	25 772	22 346	4 209	22 263	4 812	10 856	6 456	5 762
Végueta	10 372	12 334	15 732	15 531	1 305	16 496	4 603	11 192	4 687	7 154
Huacho/ Carquin	5 888	7 924	9 223	6 008	1 241	7 213	3 345	3 067	3 730	2 625
Chancay	22 978	24 179	22 733	21 341	7 397	30 404	13 751	15 798	11 885	9 352
Callao	20 109	24 366	25 930	31 955	14 381	37 477	18 434	12 983	19 393	13 160
Pucusana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tambo de Mora	7 888	8 539	12 136	12 081	5 431	18 097	6 260	6 278	4 497	7 232
Pisco	25 747	21 038	25 512	44 408	16 790	53 566	18 972	16 111	10 899	15 019
Atico	3 871	8 998	3 666	7 594	445	3 599	3 003	1 032	1 433	806
Ocoña	-	-	-	-	-	427	-	686	2 145	-
La Planchada	3 949	4 985	3 544	3 091	143	2 357	2 791	-	-	1 001
Quilca	-	-	-	418	9	280	-	-	-	-
Mollendo	2 587	4 946	1 479	1 369	25	1 454	1 323	587	897	506
Matarani	2 477	6 485	3 030	2 128	127	2 997	1 557	1 446	1 381	451
Ilo	11 624	14 556	10 007	5 614	4 615	10 733	6 071	3 186	4 757	2 129

Nota : Solo incluye Aceite Crudo

Fuente: Produce.gob.pe

Tabla 13: Producción de Harina y Aceite Crudo de Pescado

PERÚ: PRODUCCIÓN DE HARINA Y ACEITE CRUDO DE PESCADO SEGÚN PUERTO, 2015
(TMB)

Puerto	Harina	Aceite Crudo
Total	852 421	94 524
Paíta	-	-
Parachique	-	-
Bayóvar	20 742	2 693
Chicama	63 342	7 269
Coishco	45 431	5 083
Chimbote	103 540	12 349
Samanco	14 725	1 933
Huarmey	-	-
Supe	45 778	5 762
Végueta	49 984	7 154
Huacho / Carquín	31 846	2 625
Chancay	74 310	9 352
Callao	97 715	13 160
Tambo de Mora	73 466	7 232
Pisco	162 431	15 019
Atico	10 405	806
Ocoña	-	-
La Planchada	13 058	1 001
Quilca	-	-
Matarani	6 147	506
Mollendo	6 355	451
Ilo	33 146	2 129

Nota : No incluye Harina Residual y otros .
No se incluye otro tipo de aceite

Fuente: Produce.gob.pe

2.7. Empresa Austral Gruop S.A.A.

Austral Group S.A.A. es una empresa pesquera líder en la elaboración de alimentos e ingredientes marinos para el mundo que realiza sus operaciones con responsabilidad social y ambiental. Se dedica a la extracción industrial de pesca, la exportación, producción y comercialización de harina, aceite y congelados con los más altos estándares de calidad que se exporta a diversos países del mundo. Es una empresa perteneciente al grupo internacional Austevoll y cuentan con 7 sedes a nivel nacional y flota pesquera propia e inició sus operaciones el 6 de diciembre de 1996 (Austral, 2014).

Tener un buen gobierno corporativo es fundamental para la sostenibilidad de su negocio y la confianza con sus grupos de interés.

La gran familia Austral está conformada por más de 1,200 colaboradores comprometidos con los objetivos de la organización alineados a sus valores y a la pesca responsable. Ellos son la fuerza y el corazón de la empresa.

Su flota y plantas de producción cuentan con gran capacidad y con modernos equipos que garantizan la calidad mundial de sus productos. Austral Group S.A.A. cuenta con 4 plantas de harina y aceite de pescado, 2 plantas de conservas y 1 planta de congelados distribuidas estratégicamente a lo largo del litoral peruano. Una de sus plantas de procesadoras de harina y aceite de pescado se encuentra ubicada en la región sur del Perú en la provincia de Ilo, Región Moquegua (Austral, 2014).

Austral Group S.A.A. está comprometido con la preservación del ambiente, invirtiendo constantemente en tecnologías que les ayuden a minimizar el impacto de sus efluentes, emisiones y residuos, y realizando sus operaciones con eco eficiencia, alineados a los Compromisos por una Pesca Responsable y Sostenible.

Así mismo ha implementado una moderna tecnología para el tratamiento de los efluentes que le permite cumplir con los Límites Máximos Permisibles para la Industria de Harina y Aceite de Pescado establecidos por DS-010-2008 – PRODUCE. Esto les convierte en una empresa eco eficiente debido a una mejor

recuperación de los sólidos y grasa presentes en el agua de bombeo, minimizando la contaminación y favoreciendo la sostenibilidad de los ecosistemas marinos.

Todas sus plantas de producción han sido inscritas en el Registro de Buenas Practicas de la OEFA gracias a su buena gestión y cumplimiento de sus obligaciones ambientales.

Se ha desarrollado programas de responsabilidad social en todas las localidades donde se encuentran sus plantas de producción: Coishco, Chancay, Pisco e Ilo. Su Plan de Responsabilidad Social es elaborado a partir de una línea de base que incluye un diagnóstico socioeconómico y un mapeo de actores bajo los enfoques social, ambiental y económico e identificando a las organizaciones y grupos sociales existentes en cada una de las zonas. Sus líneas de acción son: Educación, Empleo, Nutrición, Salud, Medio Ambiente y Desarrollo Social (Austral, 2014).

Actualmente la empresa realiza una serie de investigaciones, pruebas e inversiones en las cuales destaca lo siguiente:

Recirculación del agua de enfriamiento del proceso industrial de las plantas procesadoras de harina y aceite de pescado y plantas de conservas.

Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales de las plantas procesadoras, de conservas y de congelado.

Mejora en el control de las emisiones de las calderas.

Implementación de reservorios de agua para optimizar el uso adecuado del agua fuente.

En el año 2009 Austral Group S.A.A logro implementar en la planta Coishco el sistema de tratamiento del agua fuente por Ósmosis Inversa que mejora la calidad de agua con la finalidad de alimentar a las calderas, logrando una reducción del 15% del consumo de combustible. Es una moderna planta de harina y de congelados, además de una planta de conservas y de aceite de pescado (Austral, 2014).

Por lo cual se puede concluir que la empresa estaría dispuesta a realizar sus operaciones industriales con agua desalinizada, garantizando la misma seguridad actual en su proceso productivo.

Según la información obtenida en el Apéndice 1 realizada al Jefe de Operaciones de la planta de Ilo, Región Moquegua, el uso del agua desalinizada dentro de las operaciones de la industria procesadora de harina y aceite de pescado sería extenso, afirmando que se podría destinar a todo el proceso operativo garantizando la misma seguridad y salubridad actual. El volumen necesario para las operaciones es de 50 mil m³/día, siendo factible cubrir esta demanda debido a la capacidad proyectada de la planta desalinizadora. De igual manera afirma que los beneficios del uso de agua desalinizada en sus procesos otorgarían mejora en la imagen de la empresa, visualizándola como una compañía dedicada a la disminución de impacto ambiental, sin afectar a la población actual.

Se refirió a la cercanía de la planta desalinizadora que es un factor importante que beneficiaría y favorecería la posibilidad de que las empresas adopten esta iniciativa, por lo cual acoto que un sector industrial que podría beneficiarse de la desalinización sin restricciones sería las plantas de procesos pesqueros, las cuales en su mayoría se encuentran próximas al mar. En general afirma que la propuesta de investigación es una medida que al mediano plazo será necesario para la industria en general, por lo cual la viabilidad del proyecto deberá ser estudiada con profundidad para ser aplicada.

2.8. Beneficios de la desalinización

Los beneficios de la desalinización se miden en términos de la calidad y cantidad de agua producida, esto le brindara una valoración exacta al agua desalinizada. La fiabilidad del suministro de agua es el beneficio más grande ya que está definida como la disponibilidad constante de agua en respuesta a la demanda de consumo humano e industrial. Un suministro de agua fiable es más valioso a uno que es susceptible a la interrupción. En efecto, los abastecedores de agua estarán dispuestos a pagar razonablemente por agua

con un mayor valor de fiabilidad. Este valor y el precio dependen de un número de factores, incluyendo el uso al que se dispone el agua, la disponibilidad de fuentes alternativas, costos de producción y costos de interrupción del suministro (Cooley, 2006).

Otro de los beneficios de la desalinización es el hecho que la disponibilidad del agua de mar es independiente al ciclo hidrológico, es decir que la capacidad de desalinización para producir agua no se ve afectada por las sequías severas, un atributo por lo cual es particularmente valioso, contribuyendo con la continuidad de operación de las plantas industriales y evitando la reducción de actividades económicas (Tenne, Hoffman & Levin, 2013).

Además de permitir la reducción de las extracciones de agua de los principales acuíferos, ya que al brindar un suministro de agua de calidad se mitiga esta extracción. Al otorgar agua desalinizada a las industrias se puede reducir las escalas de usos de calentadores, equipos, aparatos y tuberías industriales que procesan el agua, bajar concentraciones de cloruro y de sodio en la reutilización de aguas residuales con lo que se lograría la reducción de volúmenes de agua requeridos, mejorar la productividad y optimizar los procesos a lo largo de la producción.

3. Proposición de la Investigación

En el Perú el sector industrial es una de las actividades demandantes de recurso hídrico. En el departamento de Moquegua la demanda de agua del sector industrial no es totalmente abastecida, debido a deficiencias en la infraestructura o cambios hidrológicos. De esta manera esta investigación propone la posibilidad de cubrir esta necesidad mediante métodos alternos de abastecimiento, como la desalinización de agua de mar mediante Ósmosis Inversa, la cual proporciona agua para el uso a lo largo del proceso productivo de estas industrias.

Al atender esta demanda, se mitigará el impacto ambiental en la provincia de Ilo, Región Moquegua donde este recurso ya se encuentra comprometido y se brindará fiabilidad a las industrias mediante el suministro de agua desalinizada la cual no es susceptible a alguna interrupción.

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

1. Modelo conceptual

A partir de la proposición de la investigación se realizó una matriz de consistencia, en la cual se estableció la variable tanto independiente y dependiente del problema principal, se prosiguió con el análisis de problemas específicos relacionados con los objetivos específicos descritos anteriormente. La matriz de consistencia facilitara un mejor análisis e interpretación de la operatividad teórica de la investigación, que sistematiza al conjunto: problemas, objetivos, variables y operaciones. Es así que se consolidó los elementos del proceso de investigación, evaluando el grado de coherencia y conexión lógica de los elementos de esta.

2. Descripción del objeto de estudio

El objeto de estudio de la investigación es el uso de agua desalinizada apoyada en procedimientos tecnológicos de desalinización, en especial el método de Ósmosis Inversa, para el sector industrial en la provincia de Ilo – Región Moquegua.

3. Unidad de Análisis

Se estableció como unidad de análisis para la investigación, al sector industrial procesador de harina y aceite de pescado de la provincia de Ilo, perteneciente a la Región de Moquegua. En específico las empresas que se desarrollan en este sector como Austral Group S.A.A., Tecnológica de Alimentos S.A., Corporación Pesquera INCA S.A.C., Promasa S.A., etc. para el abastecimiento de agua de mar desalinizada se ha propuesto a la misma provincia de Ilo, por la proximidad a dichas plantas mencionadas.

4. Descripción del tipo de investigación

La presente investigación se basó en un método cualitativo, en el cual se realizó en una revisión documental de literatura relacionada a la desalinización de

agua de mar utilizada para el consumo humano y para el campo de la industria de procesos y sus beneficios, junto con la revisión de casos de estudio. Además se realizó una entrevista a profesionales con basto conocimiento del objeto de estudio.

5. Método de investigación

La investigación realizada es netamente cualitativa. El método consistió primeramente, en la recopilación de artículos de investigación sobre el tema de desalinización de agua de mar, tomados de publicaciones científicas y aplicadas en la industria, así mismo algunos de los artículos fueron extraídos de publicaciones realizadas por conferencias referidas al campo de la desalinización. Se recopiló investigaciones de casos de éxito de implementación de plantas desalinizadoras de agua de mar para el análisis de costos y beneficios del agua. Se analizó un total de 25 documentos publicados relacionados al tema de investigación. La literatura se obtuvo de la base de datos Science Direct, Scopus, etc. donde se procedió a hacer una selección de las publicaciones académicas más relevantes y de mayor relación con el tema tratado en la investigación.

6. Instrumentos de investigación

Se utilizó como instrumentos de investigación casos de estudio, tesis e investigaciones pasadas para mayor conocimiento del tema y realizar un análisis según los objetivos planteados.

Así mismo para la entrevista se realizó un cuestionario con preguntas básicas a un profesional perteneciente a la industria para poder determinar la viabilidad del tema de investigación. Las preguntas a realizar se encuentran en el Apéndice adjunto.

7. Recolección de datos

Durante la recolección de datos, se inició filtrando la información de las tesis, artículos e investigaciones encontradas, es decir de cada documento se extrajo información relevante para que acorde a los objetivos de la presente investigación se subdivida los datos. En el caso de datos secundarios, se formuló preguntas que respondan a la factibilidad del tema planteado, beneficios y limitaciones del procedimiento, y así mismo que determinen la importancia del tema planteado.

Posteriormente, se realizó el cuestionario y se extrajo los datos en su mayoría cualitativos para determinar la factibilidad de la proposición expuesta.

8. Análisis de datos

En el análisis de datos se utilizó tablas comparativas para establecer parámetros del agua de mar a ser desalinizada, comparar el mejor método de desalinización, indicar los costos de energía requerida y fiabilidad de la desalinización. Así mismo se realizó una matriz de consistencia la cual está basada en los datos obtenidos de los casos de estudio y del cuestionario realizado a un profesional, donde se detalla la proposición principal de la presente investigación y analiza las variables dependientes e independientes, de igual manera se realizó lo mismo con los objetivos trazados anteriormente. De esta manera se pudo obtener resultados que responden a la formulación y justificación de la investigación.

9. Resumen de la operacionalización de las variables del modelo conceptual

Tabla 14: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	PROPOSICIÓN	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema General	Objetivo General		Proposición General	Var. Independiente	Tipo: La investigación es de tipo no experimental, debido a que se circunscribe en el periodo académico 2017 -1, además de las limitaciones propias de la investigación.
¿Cómo el uso de procedimientos alternos de obtención de agua, cómo la desalinización de agua de mar puede reducir el impacto ambiental actual de escasez de agua en la provincia de Ilo?	Formular la propuesta del uso de agua de mar desalinizada para el procesamiento de harina y aceite de pescado en la provincia de Ilo - Región Moquegua.	La presente investigación busca contribuir al autoabastecimiento del recurso hídrico tanto para el procesamiento de harina y aceite de pescado como para la población, mitigando así el impacto ambiental en la provincia de Ilo donde este recurso ya se encuentra comprometido, debido a malas condiciones de canales de conducción y un deficiente manejo del agua por parte de la población.	Cubrir esta necesidad mediante la desalinización de agua de mar mediante la Ósmosis Inversa, la cual proporciona agua para el uso a lo largo del proceso productivo de estas industrias.	Agua desalinizada por el método de Ósmosis Inversa.	
				Var. Dependiente	
				Escasez de agua.	
				Proposición Secundarias	
				Var. Específicas	
Problema Específico	Objetivo Específico			Var. Independiente	
a. ¿Qué tipo de procedimiento de desalinización es el adecuado para el consumo de las industrias?	Definir el procedimiento adecuado de desalinización de agua óptima para el procesamiento de harina y aceite de pescado.		El método de Ósmosis Inversa es el de menor costo de instalación, producción y mantenimiento, además es de mayor recuperación promedio de agua. Brindándole mayor fiabilidad al método.	Método de desalinización.	
				Var. Dependiente	
				Fiabilidad del método.	

b. ¿Cuál es el volumen necesario de agua desalinizada para el abastecimiento de las plantas procesadoras de harina y aceite de pescado?	Determinar el volumen de producción de agua desalinizada necesaria para los procesos operativos de las industrias procesadoras de harina y aceite de pescado de la provincia de Ilo - Región Moquegua.	Se propone el procedimiento de desalinización de agua de mar mediante la Ósmosis Inversa, determinando si el agua desaliniza puede satisfacer la eficiencia de las operaciones de las plantas industriales, siendo destinada a procesos como recepción de materia prima, tratamientos o refrigeración, etc. El impulso de optar por este método se verá reflejado con sistemas de gestión operativa avanzados y a su vez en una reducción de costos en el tiempo.	De acuerdo a la data brindada por la empresa Austral Group S.A.A. el volumen estimado para el abastecimiento de estas industrias es de 80 TNxH.	Var. Independiente	Método: El método de la investigación es netamente cualitativo, basándose en un análisis de estudios de casos de desalinización de agua de mar en el mundo. Además de la realización de cuestionario a un profesional del área estudiada.
				Plantas procesadoras de harina y aceite de pescado.	
				Var. Dependiente	
				Volumen de agua desalinizada requerido.	
c. ¿De qué manera la desalinización de agua de mar contribuye con las industrias procesadoras de la provincia de Ilo - Región Moquegua?	Justificar la viabilidad del uso de agua desalinizada para el procesamiento de harina y aceite de pescado en la provincia de Ilo - Región Moquegua.		El uso de agua desalinizada en las industrias garantiza un suministro fiable del recurso, mejora la productividad y optimiza los procesos a lo largo de la producción.	Var. Independiente	
				Agua de mar desalinizada.	
				Var. Dependiente	
				Productividad.	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. El método de desalinización comúnmente utilizado en la mayoría de las plantas de desalinización de agua de mar es el proceso de Ósmosis Inversa, que tiene una recuperación media de agua más alta que otros métodos y fiabilidad en el sistema.
2. Los beneficios que el procedimiento brindaría a las empresas es brindar un flujo de continuo de abastecimiento de recurso hídrico, el cual según lo estudiado podría ser usado a lo largo de todo el proceso productivo de las plantas.
3. De acuerdo al volumen de agua estimado que las empresas que operan en la provincia de Ilo requieren, se puede concluir que la alternativa de desalinización de agua de mar para este sector es una opción viable.
4. Otro punto a considerar es el impacto medioambiental que actualmente no ha sido estudiado en su totalidad, por ende solo se cuenta con estimados, los cuales varían según la ubicación geográfica y los niveles de concentración y salinidad.
5. El método de Ósmosis Inversa tiene pocas limitaciones debido al consumo de energía que requiere para la producción.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La propuesta para la desalinización de agua de mar para la Provincia de Ilo – Región Moquegua es el sistema de Ósmosis Inversa, la cual cuenta con una recuperación promedio de agua mayor a otros métodos y confiabilidad en el sistema.
2. El procedimiento óptimo para la desalinización para el siguiente trabajo ha sido el Ósmosis Inversa y su proceso operativo es separa un solvente de una solución concentrada al aplicar presión, atravesando la membrana semipermeable desde el lado de la solución más concentrada al lado de la solución más diluida.
3. El volumen de producción de agua a tratar para la planta es de 50 mil $\text{m}^3/\text{día}$, lo cual sería lo suficiente para realizar el proceso de producción de harina y aceite de pescado, es el volumen de agua estimado que las empresas en la provincia de Ilo requieren.
4. Los costos de instalación aproximados para realizar de una planta de Ósmosis Inversa es de 700 a 900 US\$/ m^3 y el costo del agua producida sería de 0.68 a 0.92 US\$/ m^3 . Al proyectar los costos y realizar una comparación con los distintos métodos de desalinización, se obtuvo que la Ósmosis Inversa es el método con menor costo convirtiéndose en la alternativa más rentable.
5. Se identificó que dentro de los procesos que se llevan a cabo para la producción de harina y aceite de pescado, el proceso de enfriamiento constituye el punto de mayor consumo.

6. Es posible utilizar el agua tratada porque en los procesos de producción no necesariamente se necesita agua pura o clorificada, sino desalinizada.
7. Existen impactos típicos relacionados con el tratamiento por Ósmosis Inversa: la disposición del agua de rechazo, manejo inadecuado de residuos comunes, consumo de combustible, consumo de energía eléctrica y otros se consideran como un impacto de nivel bajo, aunque debe tenerse en cuenta que, si bien los parámetros estimados de calidad de efluentes cumplirían con los establecidos por la legislación, un cambio en la calidad del agua que ingresa al proceso de Ósmosis Inversa podría hacer necesario un tratamiento de dichos efluentes, influyendo esto en los costos.

RECOMENDACIONES

1. La investigación futura en el caso de las membranas mejorará el rechazo de las sales a la vez que se continúa reduciendo el consumo de energía.
2. Diseñar una planta de desalinización de agua de mar a través de un proceso como este, con una conversión muy alta, tiene ventajas desde el punto de vista ambiental, social, inversión económica y los gastos operativos.
3. El proceso establecido es factible desde un punto de vista teórico y tiene una serie de utilidad muy interesante. Este es el tema en marcha para futuros estudios que perfeccionen el proceso y lo hagan industrialmente viable e interesante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Shammiri, M., & Safar, M. (1999). *Multiple-effect distillation plants: State of the art*. Desalination, 05(10), 45-59.
- Arreguín, (2000) citado por González R. & Ruiz-Cruz S. (2012). Evaluación de procesos de desalinización y su desarrollo en México, México.
- Arrindell, E. M., & Birkett J. D. (2002). *Aruba's Early Experiences in Desalination*, Aruba.
- Austral (2014). *Reporte de progreso pacto mundial 2014*, Perú. Recuperado de: www.austral.com.pe
- Australian Water Association AWA, (2011). *La dinámica industria del agua en Australia*, Australia.
- Awwa, R.F., (2012). *Tratamiento de agua por procesos de membrana*. Mc Graw Hill.
- Bedoya, C., & Torres V., (2015). *Tía María: Minería y conflicto por el agua*. SERVINDI. Recuperado de: <https://www.servindi.org/actualidad/32488>
- Belfort, G. & Mani, K. (1991). Electrodialysis water splitting technology. *Journal of membrane science*, (58) pp. 117-138.

Cipollina, A. (2007). Efficiency increase in thermal desalination plants by matching thermal and solar distillation theoretical analysis. *Journal for Desalinization. Desalination*. (183) pp. 127–136.

Cooley, H., Gleick, P. & Wolff, G. (2006). *Desalination, With a Grain of Salt: A California Perspective*. Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security. Oakland, CA.

Dudek and Associates, (2005). *Environmental impact report for precise development plan and desalination plant*. California.

Empresa Consultora Ambiental ALLPE Medio Ambiente (2012). *El volumen de agua dulce de la Tierra es una diminuta esfera*. Recuperado de: <http://www.medioambiente.org/2012/05/el-volumen-de-agua-dulce-de-la-tierra.html>

Gamal, M. (2002). Development of reverse osmosis desalination membranes composition and configuration: future prospects. *Desalination*, 153 pp. 295-304.

Gobierno Regional de Moquegua (2014). *Plan de desarrollo concertado de Moquegua 2013-2021*, Perú.

Gobierno Regional de Moquegua (2010). *Plan estratégico sectorial regional pesquero 2009-2015*, Moquegua.

Hiriart, G. (2007). *Desalinización de agua con energías renovables: Interrogantes jurídicas. Instituto de Investigaciones jurídicas de la UNAM*. Disponible para World Wide Web: <http://www.juridicas.unam.mx>

International Desalination Association (2015). *International Desalination and Water Reuse Quarterly*. Recuperado de: <http://idadesal.org/water-reuse-and-desalination-for-latin-america-development/>

Khawaji, A. (2008). Advances in seawater desalination technologies. *Journal for Desalination*, (221) pp. 47-69.

López, J., Mejías, M. (2000). *Las aguas salobres. Una alternativa al abastecimiento en regiones semiáridas*. Recuperado de: <http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfs/arttycon21.pdf>

National Academy Press (2008). *Desalination: A National Perspective*. National Academy of Science. Washington.

Malmrose, P., Russell, J., Schaefer, S., Manuszak, R., Bergman & K. Atasi, (2004). Current Perspectives on Residuals Management for Desalting Membranes. *Journal AWWA*.

Martín, F. & Sánchez JM., (2005). Mejora de la eficiencia energética de las plantas desaladoras: nuevos sistemas de recuperación de energía. Pp. 74-79

- Martínez, D. (2003). Estudio de la viabilidad tecnicoeconómica de la Desalinización de Agua de Mar por Ósmosis Inversa en España. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Murcia. pp. 21-28
- Martínez, V. & Martin B., (2014). *Antecedentes y problemática de la aplicación de agua marina desalinizada al riego agrícola*. Universidad Politécnica de Cartagena, Colombia.
- Medina, J. (2000). *Desalinización de aguas salobres y de mar en ósmosis inversa*. Madrid, España. Editorial Mundi Prensa.
- Murray, A., (2003). *Reverse-Osmosis desalination of seawater powered by photovoltaics without batteries*. Loughborough University, United Kingdom.
- Organización de las Naciones Unidas, WRG (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015.
- Paz, A., & Estévez E. (2010). Mapeo de Puntos Húmedos, Energía y Procesos de la Planta de Harina y Aceite de Pescado, Zamorano, Honduras. Tesis de Ingenieros en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente. Grado Académico de Licenciatura. Francisco Morazán, HN. EAP Zamorano. pp. 89
- Pomareda, A. (2008). *Cerro lindo: el milagro de la desalinización*. *Diario la Republica*. Recuperado de: <http://larepublica.pe/11-04-2008/cerro-lindo-el-milagro-de-la-desalinizacion>.

Porta, M.A. (2002). Sistema de desalación solar de agua de mar. *Ingeniería Hidráulica en México*, 17(2) pp. 55-64.

Rodríguez, E. (2013). *La planta de desalinización más grande del mundo: Desaladora Sorek*. Recuperado de: <http://www.fierasdelaingenieria.com/la-planta-de-desalinizacion-mas-grande-del-mundo-desaladora-sorek/>

Ramillo, S. (2003). *Tecnologías de Proceso para Desalinización de Aguas*. Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA, Buenos Aires), 22-27bh

Sánchez, C.I., (2008). *Variabilidad climática en México: Algunos impactos hidrológicos, sociales y económicos*. *Ingeniería Hidráulica en México*, 13(4) pp. 5-24.

Sánchez, J. (2010). Las desalinizadoras y las emisiones de CO2 Ambiente. *La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, 39, pp. 20-23.

Semiat, R. (2010). *Water International, Desalination: Present and Future, Volume 25, Number 1*. Recuperado <http://www.cepis.org.pe/acrobat/israel.pdf>

Shenvi, S., Isloor, A.M., & Ismail, A.F. (2015). A review on RO membrane technology: developments and challenges. *Desalination*, 368 pp. 10-26.

Tenne, A., Hoffman D. & Levi E. (2013). *Quantifying the actual benefits of large scale seawater desalination in Israel*, Israel Water Authority (ADAN). Israel.

Thomson, M. (2008). Renewable energy powered desalination in Baja California Sur, México. *Journal for Desalinization. Desalination*, 220, pp. 431-440.

Tsur, Y. (2001). Water Regulation via Pricing: The Role of Implementation Costs and Asymmetric Information, en Dinar, A., ed. (2001), pp.105-120.


US Bureau of Reclamation (USBR), (2000). *Survey of US costs and water rates for desalination and membrane softening plants. Water Treatment Technology Program Report No. 24, Estados Unidos*. Recuperado de: <http://idadesal.org/publications/>

Valero, A. (2001). *La desalinización como alternativa al plan hidrológico nacional*. Universidad de Zaragoza y el Centro de Investigación de recursos y Consumos Energéticos (CIRCE), España. Recuperado de: <http://circe.cps.unizar.es/spanish/isgwes/spain/desala.pdf>.

Zarza, E. (2009). *Desalinización de agua de mar mediante energías renovables, Plataforma Solar de Almería*. España.

APÉNDICES


Apéndice 1

ENTREVISTA	
	
Tema: Propuesta de uso de agua de mar desalinizada para el procesamiento de harina y aceite de pescado en la provincia de Ilo – Región Moquegua.	
Nombre de la Empresa del entrevistado:	
Nombre del entrevistado:	
Títulos – Grados – Experiencia del entrevistado:	
<ol style="list-style-type: none">1. Actualmente la empresa cuenta o tiene algún proyecto sobre el uso de agua desalinizada?2. ¿Le parece que el uso de agua de mar desalinizada es un método viable para el abastecimiento de agua en la industria procesadora?3. ¿La empresa Austral Group S.A.A. estaría dispuesta a utilizar agua desalinizada en su planta procesadora de harina y aceite de pescado en la Provincia de Ilo?4. Si fuera posible su uso, ¿En qué operaciones podría ser usada a lo largo del proceso productivo?5. ¿Qué volumen de agua aproximado sería necesario para abastecer estas operaciones?6. ¿Qué beneficios le otorgaría a la empresa el uso de agua desalinizada?	

7. ¿Considera que los beneficios que le otorgaría a la planta de producción de harina y aceite de pescado son mayores a los costos del suministro de esta agua?

8. ¿Otras observaciones o alcances?

Apéndice 2

<div style="text-align: center;"> <h1>ENTREVISTA</h1>  </div>	
Tema:	Propuesta de uso de agua de mar desalinizada para el procesamiento de harina y aceite de pescado en la provincia de Ilo – Región Moquegua.
Nombre de la Empresa del entrevistado:	Austral Group S.A.A.
Nombre del entrevistado:	Emilio Lazo Jefe de Operaciones de Austral Group S.A.A. Octubre de 2013 – actualidad
Títulos – Grados – Experiencia del entrevistado:	Ingeniero Mecánico de la PUCP. MBA por las Universidades INCAE de Costa Rica y Adolfo Ibáñez de Chile 6 años de experiencia dirigiendo áreas de operaciones y de análisis de información.
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualmente la empresa cuenta o tiene algún proyecto sobre el uso de agua desalinizada? Actualmente las plantas de Austral Group se encuentran relativamente cerca del mar, en el caso de la planta de Coishco se logró implementar un sistema de tratamiento de agua por Ósmosis Inversa que potable el agua y mejora la calidad de la misma, con la finalidad de alimentar a las calderas. 2. ¿Le parece que el uso de agua de mar desalinizada es un método viable para el abastecimiento de agua en la industria procesadora?

Sí, porque es una alternativa que puede solucionar la escasez de agua para la industria sin perjudicar la oferta y volumen actual.

3. ¿La empresa Austral Group S.A.A. estaría dispuesta a utilizar agua desalinizada en su planta procesadora de harina y aceite de pescado en la Provincia de Ilo?

Como en todo proyecto esto significaría una gran inversión de parte de la empresa para adoptar este procedimiento, resultaría antieconómico, pero dado el caso sería la alternativa más viable, por lo mismo que la empresa Austral ya tiene conocimiento del método de Ósmosis Inversa.

4. Si fuera posible su uso, ¿En qué operaciones podría ser usada a lo largo del proceso productivo?

Se puede disponer a lo largo de todo el proceso productivo, claramente debe cumplir con los requisitos establecidos. (No especifico las áreas de producción).

5. ¿Qué volumen de agua aproximado sería necesario para abastecer estas operaciones?

La planta procesadora de harina y aceite de pescado requiere aproximadamente es de 50 mil m³/día

6. ¿Qué beneficios le otorgaría a la empresa el uso de agua desalinizada?

Le otorgaría una mejora de la imagen a la empresa, considerándola como una organización preocupada por el impacto ambiental sin afectar a la población el uso del recurso. Así mismo se asegura un volumen de abastecimiento continuo.

7. ¿Considera que los beneficios que le otorgaría a la planta de producción de harina y aceite de pescado son mayores a los costos del suministro de esta agua?

Considero que sí, pero por ahora sería más costoso potabilizar el agua de mar, ya que actualmente las plantas de procesos se ubican cerca a los canales de regadío por lo cual se paga por una dotación que lo hace económico.

8. ¿Otras observaciones o alcances?

Según mi observación sería posible aplicar la investigación para más plantas de procesos pesqueros, de procesamientos de harina y aceite de pescado, de procesos de congelados, etc.